TUGAS AKHIR

SELEKSI BAKTERI ENDOGENIK DAN ENDOFIT UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH LINDI MENGGUNAKAN FLOATING WETLAND DALAM MENURUNKAN KADAR AMONIA DAN WARNA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan

RIFA INTAN TANJUNG
19513202

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

20224

TUGAS AKHIR

SELEKSI BAKTERI ENDOGENIK DAN ENDOFIT UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH LINDI MENGGUNAKAN FLOATING WETLAND DALAM MENURUNKAN KADAR AMONIA DAN WARNA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan

Rifa Intan Tanjung

19513202

Disetujui,

Menyetujui,
Dosen Pembimbing 1,

24/8/24

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng
NIK 165131306

Menyetujui,
Dosen Pembimbing 2,

Dewi Wulandari, S. Hut., M. Agr., Ph. D
NIK 095130403

Mengetahui,
Ketua Program Studi,

Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D.
NIK 045130401

HALAMAN PENGESAHAN

SELEKSI BAKTERI ENDOGENIK DAN ENDOFIT BAKTERI PENGOLAHAN LIMBAH LINDI MENGGUNAKAN FLOATING WETLAND DALAM MENURUNKAN KADAR COD DAN TSS

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji
Hari :
Tanggal :

Disusun Oleh :
Rifa Intan Tanjung
19513202

Tim Penguji :

Dr, Joni Aldila Fajri, S.T., M.Eng

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng



***Halaman ini dibuat apabila sudah selesai pendadaran**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia 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 dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 22 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,



Rifa Intan Tanjung

NIM: 19513202

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatuallahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Judul Penelitian ini "Seleksi Bakteri Endogenik dan Endofit untuk Bakteri Pengolahan limbah lindi menggunakan floating wetland dalam menurunkan kadar amonia dan warna"**.** Adapun penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program Pendidikan Stara Satu (S1) pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses penyusunan laporan tugas akhir ini telah melewati berbagai tahapan sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan banyak dukungan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1) Allah SWT atas semua nikmat dan kemudahan dalam menjalankan proses penelitian ini.
2) Bapak Ahmad Ripai Tanjung dan Ibu Susilawati selaku orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan, doa, semangat, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
3) Ghaisan Razzan Arkana Tanjung dan Laysha Ghania Rayya Tanjung selaku saudara kandung penulis yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi dan doa demi kelancaran tugas akhir ini;
4) Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu membimbing dan memberikan arahan dan semangat serta kritik, saran, dan penilaian terhadap penulis sejak penulisan proposal tugas akhir hingga tugas akhir ini selesai;
5) Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. dan Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran serta arahan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini

6) Para dosen, pengajar, dan laboran yang selama ini telah memberikan ilmu maupun fasilitas yang sangat bermanfaat untuk penulis selama proses menempuh Pendidikan di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia:
7) Syahda Hati Dendra yang telah memberi dukungan sejak awal perkuliahan sampai dengan penulisan skripsi ini selesai.
8) Nanda Rachmansyah yang telah menemani dan memberi dukungan dari awal penelitian hingga penelitian telah selesai
9) Teman-teman Program Studi Teknik Lingkungan Angkatan 2019 yang telah memberikan bantuan selama masa perkuliahan dan Asa Bagus Darussalam sebagai teman tim penelitian ini yang telah membantu dari awal penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun serta penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 10 April 2024

Rifa Intan Tanjung

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

RIFA INTAN TANJUNG. Seleksi Bakteri Endogenik dan Endofit Bakteri Pengolahan limbah lindi menggunakan floating wetland dalam menurunkan kadar warna dan amonia. Dibimbing oleh Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng dan DEWI WULANDARI, S.Hut., M.Agr., Ph.D..,

Air lindi adalah Limbah cair yang mengandung bahan organik dengan konsentrasi yang sangat tinggi yang terbentuk di TPA akibat dari air hujan yang masuk ke TPA. Air lindi mengandung banyak bahan pencemar yang menyebabkan kerusakan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan floating wetland kombinasi endogenic bakteri dalam mengolah mengolah air lindi TPA Piyungan dengan mengukur parameter ammonia dan warna dengan menggunakan bakteri yang sudah terpilih. Floating Treatment Wetland (FTW) merupakan salah satu alternatif sistem pengelolaan sampah karena dinilai murah, efisien, ramah lingkungan dan bernilai estetis. Reaktor FTW menggunakan 4 media yaitu, serabut kelapa, split besar dan split kecil, pasir dan tanah dengan tanaman *typha latifolia Typha latifolia*, yang dikenal juga sebagai Tumbuhan Obor, adalah anggota tanaman dari suku *Typhaceae* dan ordo *Typhales*. Tanaman ini memiliki rizoma dan mengandung amilum, sering kali membentuk koloni padat. Setelah proses running reaktor dilakukan pada uji amonia hanya dua reaktor yang berhasil meremoval kandungan amonia nyaitu hanya kode reaktor D dan E dengan nilai removal 30-31%. Untuk pengujian warna sendiri belum memenuhi baku mutu yang berlaku.

Kata Kunci : Air lindi, *Floating Wetland*, Bakteri Endogenik, Bakteri Endofit, *Typha Latifolia*, Aklimatisasi, Amonia, Warna.

ABSTRACT

RIFA INTAN TANJUNG. Selection of Endogenic and Endophytic Bacteria of leachate waste treatment using floating wetland in reducing color and ammonia levels. Supervised by Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng and DEWI WULANDARI, S.Hut., M.Agr., Ph.D...,

Leachate is liquid waste containing very high concentrations of organic matter that is formed in landfills as a result of rainwater entering the landfill. Leachate water contains many pollutants that cause environmental damage. This study aims to assess the ability of floating wetland combined with endogenic bacteria in treating Piyungan landfill leachate water by measuring ammonia and color parameters using selected bacteria. Floating Treatment Wetland (FTW) is an alternative waste management system because it is considered cheap, efficient, environmentally friendly and aesthetically valuable. The FTW reactor uses 4 media namely, coconut fiber, large split and small split, sand and soil with *Typha latifolia* *Typha latifolia*, also known as the Torch Plant, is a member of the *Typhaceae* tribe and the *Typhales* order. The plant has rhizomes and contains amylum, often forming dense colonies. After the reactor running process was carried out on the ammonia test, only two reactors succeeded in removing the ammonia content, namely only reactor codes D and E with a removal value of 30-31%. For color testing itself has not met the applicable quality standards.

Keywords: Leachate water, *Floating Wetland*, Endogenic bacteria, Endophytic bacteria, *Typha Latifolia*, Acclimatization, Ammonia, Color.

DAFTAR ISI

PRAKATA ..... **v**
ABSTRAK ..... **viii**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Ruang Lingkup 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**
2.1 Pengertian sampah 6
2.2 Pengertian TPA 7
2.3 Gambaran TPA Piyungan 8
2.4 Bakteri Endogen dan Endofit 9
2.5 Typha Latifolia 10
2.6 Fitoremediasi 11
2.7 Bioremediasi 12
2.8 Parameter Uji 12
2.9 Mekanisme Bakteri 14
2.10 Penelitian Terdahulu 15
BAB III METODE PENELITIAN **17**
3.1 Waktu dan Lokasi 17
3.2 Alur Penelitian 17
3.3 Pengambilan Sample air lindi 18
3.4 Pengoperasian Reaktor 19
3.4.1 Reaktor Wetland 19
3.4.2 Aklimatisasi Tanaman *Typha Latifolia* 21
3.5 Inokulasi Bakteri 23
3.6 Running Reaktor 26
3.7 Parameter 27
3.7 Analisis Data 28

3.7.1 Removal 28
3.7.2 Standart Eror 28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 29
4.1 Karakteristik Air Limbah 29
4.2 Perubahan Tinggi Tanaman 30
4.3 Parameter Fisik 32
4.3.1 pH 32
4.3.2 EC (Electrical conductivity) 33
4.4 Removal Amonia Air lindi 34
4.5 Removal Warna (Pt-Co) Air lindi 37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 40
5.1 Kesimpulan 40
5.2 Saran 40
DAFTAR PUSTAKA 41
LAMPIRAN 46

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kualitas Air Lindi TPA Piyungan 9
Tabel 2. 2 Penelitian Sebelumnya 16

Tabel 3. 1 Running Reaktor 21
Tabel 3. 2 Kontrol Reaktor 21
Tabel 3. 3 Kondisi morfologi bakteri endofit 23
Tabel 3. 4 Kondisi morfologi bakteri endogen 24
Tabel 3. 5 Parameter Kimia 27
Tabel 3. 6 Parameter Fisik 27
Tabel 3. 7 Baku mutu air limbah yang berlaku 28

Tabel 4. 1 Baku mutu lindi 29
Tabel 4. 2 Kualitas Air Lindi TPA Piyungan 30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tanaman typha latifolia 11

Gambar 3. 1 Bak Aerasi IPL TPA Piyungan 17
Gambar 3. 2 Alur Penelitian 18
Gambar 3. 3 Pengambilan air lindi 19
Gambar 3. 4 Reaktor FTW 20
Gambar 3. 5 Komposisi Reaktor FTW 20
Gambar 3. 6 Proses aklimatisasi reaktor fitoremediasi 22
Gambar 3. 7 Kondisi Reaktor fitoremediasi di awal aklimatisasi 23
Gambar 3. 8 Proses culture bakteri endofit & endogen terpilih 25
Gambar 3. 9 Tahapan Persiapan Running Reaktor fitoremediasi 26

Gambar 4. 1 Pengukuran tinggi tanaman *Typha Latifolia* 31
Gambar 4. 2 Pengukuran panjang akar tanaman *Typha Latifolia* 31
Gambar 4. 3 Rata-Rata pH Keseluruhan. Reaktor K kontrol limbah+tanaman, reaktor L kontrol limbah, reaktor M kontrol aquades, raktor A-J Bakteri Terpilih. 33
Gambar 4. 4 Rata-Rata Elektrokonduktiviti keseluruhan. Reaktor K kontrol limbah+tanaman, reaktor L kontrol limbah, reaktor M kontrol aquades, raktor A-J Bakteri Terpilih. 34
Gambar 4. 5 Grafik Konsentrasi Amonia di beberapa reaktor. Reaktor K kontrol limbah+tanaman, reaktor L kontrol limbah, reaktor M kontrol aquades, raktor A-J Bakteri Terpilih. 35
Gambar 4. 6 Grafik Persentase Removal Amonia di beberapa reaktor. Reaktor K kontrol limbah+tanaman, reaktor L kontrol limbah, reaktor M kontrol aquades, raktor A-J Bakteri Terpilih. 35

Gambar 4. 7 Grafik Konsentrasi Warna di beberapa reaktor. Reaktor K kontrol limbah+tanaman, reaktor L kontrol limbah, reaktor M kontrol aquades, raktor A-J Bakteri Terpilih. 37
Gambar 4. 8 Grafik Persentase Removal Warna di beberapa reaktor. Reaktor K kontrol limbah+tanaman, reaktor L kontrol limbah, reaktor M kontrol aquades, raktor A-J Bakteri Terpilih. 38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor A1 dan A2 46
Lampiran 2 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor B1 dan B2..... 47
Lampiran 3 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor C1 dan C2..... 47
Lampiran 4 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor D1 dan D2 48
Lampiran 5 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor E1 dan E2 48
Lampiran 6 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor F1 dan F2..... 49
Lampiran 7 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor G1 dan G2 49
Lampiran 8 Kondisi akhir Tanaman Typha Latifolia Reaktor H1 dan H2 50
Lampiran 9 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor I1 dan I2..... 50
Lampiran 10 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor J1 dan J2 51
Lampiran 11 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor K1 dan K2 51
Lampiran 12 Pengukuran Akhir Tanaman *Typha Latifolia* 56
Lampiran 13 Proses pemindahan tanaman ke dalam reaktor FTW 57
Lampiran 14 Proses penumbuhan bakteri 57

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan beberapa pengertian, sampah adalah bahan sisa dari aktivitas manusia dan alam yang sudah tidak terpakai dan tidak memiliki kegunaan, sehingga dibuang. Sampah adalah jenis limbah padat yang terbagi menjadi dua kategori: organik dan anorganik. Sampah perlu dikelola atau melalui proses pengolahan dengan baik dan efisien untuk menghindari bahaya bagi lingkungan dan kesehatan. Tumpukan sampah berasal dari berbagai sumber kegiatan, seperti rumah tangga, fasilitas umum, dan pasar (Kahfi, 2017). Sampah sering mengandung zat beracun, seperti logam berat dan insektisida, yang dapat menyebabkan gangguan pencernaan kronis pada manusia yang kontak langsung dengan sampah. Oleh karena itu, penting untuk berhati-hati terhadap tumpukan sampah, terutama bagi pengangkut sampah yang sering berinteraksi langsung, dan penggunaan alat pelindung diri (APD) sangat dianjurkan. Pengelolaan sampah merupakan tanggung jawab pemerintah sebagai bagian dari pelayanan publik, termasuk dalam pembuatan kebijakan pengelolaan sampah (Burhanudin, 2008).

Menurut data SIPSN pada tahun 2022 timbulan sampah di Provinsi Yogyakarta mencapai 472,827 ton. Sedangkan pada tahun 2021 timbulan sampah mencapai 586,267 ton. Dapat disimpulkan bahwa timbulan sampah dari tahun 2022 sampai dengan 2021 mengalami penurunan. Beberapa permasalahan dari air lindi juga muncul di salah satu TPA Yogyakarta yaitu TPA Piyungan yang terletak di Dusun Ngablak, Desa sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, DIY. Pembangunan TPA ini mulai dilaksanakan pada tahun 1992 dan dioperasikan pada tahun 1995. TPA Piyungan dbangun di atas lahan seluas 12 ha dengan kapasitas sampah 2,7 m^3. Lokasi TPA Piyungan berada 16 km disamping tenggara pusat kota Yogyakarta. Pemakaian TPA Piyungan diperkirakan sekitar 10 tahun (Ramadhan et al., 2018). TPA Piyungan merupakan salah satu TPA yang menerapkan sistem controlled landfill. Sistem controlled landfill merupakan salah satu pembangunan

dari sistem open dumping . Namun, keberadaan TPA Piyungan terbukti berdampak pada lingkungan sekitar, termasuk air tanah. Kandungan zat berbahaya seperti sulfida (S2-), nitrat (NO3-), COD (chemical oxygen demand), klorida (Cl), total chromium dan total bakteri coliform pada limbah atau zat berbahaya dapat diperoleh dengan cara osmosis Filtrat mencemari air tanah, sehingga berpotensi mencemari air tanah. Air tanah TPA Piyungan di sekitarnya semakin meningkat (Ramadhan et al., 2019).

Sampah yang menumpuk mengandung air, dan jika air tersebut tidak terkumpul dengan baik, ia dapat mengalir ke lingkungan sekitar, menyebabkan pencemaran air dan tanah. Air yang dihasilkan dari proses ini disebut air lindi. Jika rembesan air lindi ini mengalir bebas, dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. (Suharti, 2018).

Air lindi (*Leachate*) adalah limbah cair yang berasal dari tumpukan sampah yang mengandung unsur unsur tersuspensi yang dapat menyebabkan lingkungan menjadi tercemar (Ali, 2011). Air lindi didefinisikan sebagai air yang meresap melalui limbah (air hujan atau rembesan air tanah). Air lindi mengandung zat yang cukup berbahaya, terutama jika berasal dari sampah yang mengandung limbah B3 ditambah dengan kandungan unsur logam yaitu merkuri (Hg) dan seng (Zn) serta kandungan nitrogen dan ammonia dengan konsentrasi yang cukup tinggi (Abbas et al., 2009). Lindi dapat mengalir melalui limpasan permukaan dan merembes ke muka tanah dengan cepat, hal ini disebabkan karena kandungan berbagai senyawa organik dan anorganik dan berbagai patogen (Susanto et al., 2004) . Salah satu permasalahan yang terdapat pada instalasi pengolahan sampah (TPA) adalah keberadaan lindi. Lindi sering terkumpul di tengah-tengah TPA. Lindi tersebut mengandung berbagai turunan senyawa kimia yang dihasilkan dari pelarutan sampah di TPA dan reaksi kimia dan biokimia yang terjadi di TPA. Air lindi dapat menyebabkan pencemaran p ada lingkungan sekitar, jika lindi tidak dikelola dan diolah secara optimal, lindi dapat mengalir ke air tanah atau dialirkan melalui limpasan permukaan. Upaya untuk mengatasi masalah ini dimulai dengan pemilihan lokasi dan berlanjut hingga TPA ditutup (Damanhuri & Padmi, 2018).

Fitoremediasi adalah teknologi yang memanfaatkan tanaman untuk membersihkan dan memperbaiki kondisi tanah, sludge, kolam, dan sungai dari kontaminan. Secara umum, proses pengolahan air limbah organik dalam sistem fitoremediasi sangat sederhana, di mana bahan pencemar didegradasi oleh bakteri, jamur, dan organisme lain menjadi zat anorganik yang lebih sederhana. Zat anorganik hasil penguraian ini kemudian diabsorpsi oleh tanaman dan digunakan dalam proses metabolisme untuk pertumbuhan organ seperti akar, batang, daun, bunga, dan buah (Elystia et al., 2014). Fitoremediasi dengan menggunakan tanaman Typha angustifolia efektif dalam menurunkan kadar BOD hingga 90,00%, dari 508,47 mg/L menjadi 53,32 mg/L. COD berkurang sebesar 90,15%, dari 5009,5 mg/L menjadi 493,3 mg/L. TSS menurun sebesar 94,42%, dari 806 mg/L menjadi 45 mg/L. Selain itu, pH meningkat dari 5,4 menjadi 6,1 pada limbah karet (Nasrullah et al., 2014).

Berbagai jenis tumbuhan air yang efektif dalam mengolah lindi dan mengurangi kandungan ammonia serta total nitrogen meliputi *Phragmites mauritianus, Typha latifolia, Nymphaea spontanea, Cyperus papyrus, Typha angustifola, Limnocharis flava, Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes, Cyperus haspan, Scirpus sumatrensis, Scirpus mucronatus, Phragmites australis, dan Glyceria maxima* (Kamarudzaman et al., l2011).

Berikut adalah beberapa jenis bakteri yang dapat mendegradasi limbah cair, antara lain *Bacillus sp., Acinetobacter sp., Staphylococcus sp., Cardiobacterium sp., dan Mycoplasma sp.* Bakteri-bakteri ini memiliki kemampuan untuk memecah dan menguraikan berbagai jenis senyawa organik dan anorganik yang terdapat dalam limbah cair. Proses penguraian yang dilakukan oleh bakteri ini sangat krusial dalam pengolahan air limbah karena dapat mengurangi kadar polutan dan meningkatkan kualitas air yang dihasilkan. Setiap bakteri memiliki mekanisme penguraian yang khas dan khusus untuk jenis polutan tertentu, sehingga penggunaan kombinasi bakteri dapat meningkatkan efisiensi proses penguraian limbah cair (R. Megasari et al., 2012)

Floating Treatment Wetland (FTW) merupakan salah satu alternatif sistem pengelolaan sampah karena dinilai murah, efisien, ramah lingkungan dan bernilai

estetis. Konsep lahan basah jenis ini menggunakan akar tanaman di dasar perairan untuk mengurangi konsentrasi polutan. Struktur FTW terdiri dari tanaman yang muncul, media tanaman, bahan apung (bahan apung dan kerangka apung) dan sistem jangkar. Beberapa negara antara lain New Zealand, Australia, Singapura, China, USA dan Alaska telah menerapkan FTW pada objek restorasi dan estetika. Meskipun FTW belum banyak aplikasinya di Indonesia, floating treatment wetlands dapat menjadi pilihan yang tepat untuk perumahan/kompleks/fasilitas komersial/fasilitas air (Febriani et al., 2022).

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas didapatkan rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian lebih lanjut yaitu Bagaimana amonia dan warna pada sampel air lindi TPA Piyungan sebelum dan sesudah fitoremediasi kombinasi endogenik dan endofit bakteri dan seberapa besar tingkat degradasi amonia dan warna menggunakan floating wetland kombinasi endogenik dan endofit bakteri.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji kemampuan *floating wetland* yang dikombinasikan dengan bakteri endogen dan endofit dalam mengolah air lindi di TPA Piyungan, dengan pengukuran parameter amonia dan warna.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1) Sebagai referensi pembelajaran yang memberikan informasi dan pengetahuan mengenai pemanfaatan tanaman *Typha latifolia* bersama dengan bakteri endogenik dalam pengolahan limbah.
2) Sebagai referensi untuk menentukan alternatif pengolahan limbah air lindi di TPA Piyungan yang sederhana dan ekonomis, sehingga pencemaran lingkungan dapat dikendalikan.

1.5 Ruang Lingkup

Parameter yang akan diuji pada air lindi TPA Piyungan adalah :

1) Parameter Kimia yang akan diuji pada sampel air lindi TPA Piyungan adalah ammonia, dan warna.
2) Parameter Fisik yang akan diuji pada sampel air lindi TPA Piyungan adalah pH dan Electro Conductivity.
3) Sample air yang digunakan pada penelitian adalah air lindi dari bak aerasi IPL di TPA Piyungan Yogyakarta.
4) Pembuatan reaktor wetland menggunakan tanaman Typha latifolia yang telah diaklimatisasi selama 53 hari sebagai medianya.
5) Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah bakteri terpilih yang berasal dari penelitian sebelumnya .
6) Mengukur sejauh mana efisiensi tanaman dan mikroorganisme dalam mendegradasi kadar amonia dan warna.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian sampah

Menurut Undang-Undang No.18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan sampah, sampah didefinisikan sebagai sisa dari kegiatan sehari-hari manusia dan juga alam yang berwujud padat dan juga semi padat yang terdiri dari zat organik dan anorganik yang dapat terurai maupun tidak dapat terurai yang sudah dibuang ke lingkungan karena dianggap sudah tidak berguna lagi.

Sampah merupakan jenis limbah padat yang terdiri dari bahan organik dan anorganik yang dianggap tidak lagi berguna dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan serta melindungi investasi pembangunan. Berdasarkan beberapa definisi, sampah adalah bahan sisa dari manusia maupun alam yang tidak dibutuhkan, tidak memiliki nilai atau kegunaan yang pada akhirnya dibuang yang dapat mengganggu bahkan sampai membahayakan lingkungan. Sumber sampah berasal dari berbagai kegiatan penghasil sampah, seperti pasar, rumah tangga, fasilitas umum, sumber sampah dalam masyarakat terkait erat dengan tempat pembuangan seperti TPS atau TPA (Kahfi, 2017).

Kehadiran sampah dalam kehidupan manusia tidak terhindarkan, karena dimanapun ada manusia, pasti ada sampah. Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, perkembangan aktivitas ekonomi, dan perluasan wilayah pemukiman, volume sampah yang dihasilkan dari setiap individu, rumah tangga, badan hukum, atau kegiatan usaha juga meningkat. Sampah menjadi permasalahan ketika tidak dikelola dengan baik, karena dapat berdampak pada kesehatan masyarakat, serta kebersihan dan estetika lingkungan (Kurniaty et al., 2016).

Tumpukan sampah-sampah dapat mengubah kondisi lingkungan fisik dan kimia menjadi tidak normal, contohnya seperti peningkatan suhu dan perubahan Ph tanah atau air yang terlalu asam atau basa. Gas-gas yang dihasilkan dari proses degradasi sampah juga dapat membahayakan kesehatan manusia, terutama bagi yang tinggal disekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Tumpukan sampah juga

dapat berkembang biak bagi berbagai vektor penyakit seperti lalat, tikus, nyamuk, dan lainnya yang dapat menyebarkan penyakit. Sampah memiliki potensi yang sangat besar untuk menyebabkan pencemaran dalam lingkungan bahkan mengakibatkan masalah kesehatan. Pencemaran dari sampah dapat terjadi di udara karena proses dekomposisi sampah, dan juga dapat mencemari air dan tanah sekitar akibat dari rembesan air lindi. Air lindi yang tidak terkumpul dengan baik dalam kolam penampungan dapat mengalir bebas dan mencemari lingkungan sekitar (Suharti, 2018).

2.2 Pengertian TPA

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) adalah tujuan terakhir dimana sampah dari suatu wilayah dibuang. TPA dapat didefinisikan sebagai lokasi dimana sampah yang diangkut dari sumbernya ditimbun atau melewati proses pengolahan lebih lanjut sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar (Islami et al., 2023)

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-3241 Tahun 1994, Tempat Pembuangan Akhir (TPA) adalah fasilitas fisik yang digunakan untuk kegiatan pembuangan akhir sampah. TPA berperan sebagai tempat yang aman untuk tujuan akhir dari sampah-sampah yang berada di kota. TPA merupakan tempat dimana proses penyimpanan, penghancuran, dan pengelolaan sampah dilakukan dengan cara tertentu sehingga dampak negatif bagi lingkungan dapat diminimalisir atau bahkan dapat dihilangkan. Dalam peningkatan jumlah penduduk yang selalu meningkat dari tahun ke tahun dapat menjadi tantangan utama TPA dalam berbagai hal permasalahan sampah, meliputi terjadinya peningkatan produksi sampah, keterbatasan lahan TPA yang ada, teknologi pengelolaan yang tidak efisien bahkan tidak ramah lingkungan. Masalah sampah diperkotaan seringkali disebabkan oleh jumlah sampah yang besar dan melebihi kapasitas dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Kawasan TPA semakin terbatas, jarak TPA yang jauh sehingga dapat menghambat pengangkutan sampah, teknologi pengolahan sampah yang belum optimal, keterbatasan Tempat Penampungan Sementara (TPS), kurangnya sosialisai dan dukungan pemerintah terkait pengelolaan sampah, serta kekurangan

dalam pendidikan dan manajemen diri terkait pengelolaan sampah (Ardila et al., 2017).

2.3 Gambaran TPA Piyungan

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan terletak di cekungan dengan kemiringan bervariasi dan curam secara horizontal. Lokasi TPST Piyungan ini terbentuk di atas tanah ledok dengan kedalaman hingga 40 m. Kedalaman air tanah bervariasi dari 2 hingga 5 mete r dan lapisan tanahnya mengandung batugamping. TPST Piyungan memiliki luas total 12,5 hektar. Kapasitas pembuangan limbah adalah 2,7 juta m^3. Limbah sampah yang masuk ke Tpa sebanyak 400-500 ton/hari (Ardila et al., 2017). Adapun kegiatan pengoperasian sampah di TPA meliputi : Pendaftaran dan pemasukan sampah, pengasingan atau pembuangan sampah, penyiraman sampah, monitoring kualitas air di TPA, dan monitoring *Leachate*. Pengoperasian sampah di TPA Piyungan sangat berdampak bagi kualitas air sumur milik masyarakat yang berada di sekitar TPA Piyungan. Masyarakat yang tinggal disekitar TPA Piyungan yang memakai dan mengonsumsi air sumur yang berada di sekitar TPA Piyungan sebagai kebutuhan sehari – hari harus dimasak terlebih dahulu sampai mendidih. (Suhartini, 2008) . TPA Piyungan dapat dikategorikan sebagai salah satu TPA yang sudah tua dikarenakan sudah beroperasi lebih dari 10 tahun. (Kartikasari et al., 2020) . TPA Piyungan merupakan salah satu TPA yang menerapkan sistem controlled landfill. Sistem controlled landfill merupakan salah satu pembangunan dari sistem open dumping. Sistem dumping memiliki dampak negatif bagi lingkungan sekitar, salah satunya dapat menimbulkan bau tidak sedap, air tanah tercemar, dan lain sebagainya (Ardila et al., 2017).

Tabel 2. 1 Kualitas Air Lindi TPA Piyungan

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Influen	Aerasi	Efluen
Temperatur	Celcius	Deviasi 3	33,2	34,2	34,2
TSS	mg	100	545	37,5	235
pH	-	6-9	8	8,2	8,07
BOD	mg	150	241	129	42,6
COD	mg	300	3511	3652	3511
TN	mg	60	1200	900	700
Hg	mg	0,005	0,118	0,0007	0,102
TDS	ppm	0,1	-	-	-

Sumber : Kartikasari, I. B., Widyastuti, M., & Hadisusanto, S. (2020).

2.4 Bakteri Endogen dan Endofit

Bakteri endogen adalah mikroorganisme yang berasal dari dalam tubuh atau lingkungan alami suatu organisme, serta umumnya berperan dalam berbagai fungsi fisiologis, seperti pencernaan, imunitas, dan keseimbangan mikrobiota (M. Megasari et al., 2023).

Bakteri endofit adalah bakteri yang hidup dalam jaringan tanaman dan berkoloni di ruang interseluler serta sistem vaskular. Bakteri ini dapat diisolasi dari bagian akar, batang, dan daun (Irianti et al., 2023). Tanaman mendapatkan manfaat dari keberadaan bakteri endofit, seperti peningkatan pertumbuhan tanaman karena bakteri ini mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi dan menghasilkan hormon pertumbuhan. Selain itu, bakteri endofit juga dapat meningkatkan resistensi tanaman terhadap berbagai mikroba patogen dengan menginduksi ketahanan tanaman yang dikenal sebagai induced systemic resistance (ISR), sehingga tanaman mampu bertahan terhadap serangan penyakit (Safira et al., 2017). Bakteri endofit dapat dimanfaatkan dalam bioremediasi, sebuah proses yang melibatkan penggunaan organisme hidup untuk menguraikan atau menghilangkan polutan dari

lingkungan. Mikroorganisme ini yang hidup di dalam tanaman dapat mendukung tanaman dalam menguraikan zat berbahaya, seperti logam berat, pestisida, dan senyawa organik beracun, yang sering ditemukan dalam limbah industri atau pertanian (Irianti et al., 2023).

2.5 Typha Latifolia

Typha latifolia, yang dikenal juga sebagai Tumbuhan Obor, adalah anggota tanaman dari suku *Typhaceae* dan ordo *Typhales*. Tanaman ini memiliki rizoma dan mengandung amilum, sering kali membentuk koloni padat. Tumbuhan ini biasanya tumbuh di air dangkal atau di tempat-tempat yang lembab, dengan sel-sel yang mengandung tanin tersebar di dalamnya. Batangnya tegak, dan tumbuhan ini berakhir dengan pembungaan. *Typha latifolia* biasanya hidup di lingkungan dengan rentang nilai pH antara 4 hingga 10 dan suhu sekitar 10 hingga 30 °C. Tanaman ini dapat ditemukan di rawa dan daerah rawa (wetland) yang tersebar di hampir setiap benua. *Typha latifolia* mampu tumbuh bahkan di lingkungan yang terkontaminasi oleh limbah cair yang mengandung polutan seperti logam berat (Aka et al., 2017). *Typha latifolia* adalah tanaman yang memiliki rizoma dan mengandung amilum, sering kali membentuk koloni padat, tumbuh di air dangkal atau lingkungan yang basah, serta memiliki sel-sel yang mengandung tanin tersebar. Tanaman ini memiliki batang tegak dan berbunga. Daunnya berbentuk dua garis, kebanyakan tumbuh di bagian dasar tanaman, dengan pelepah berbentuk laminalinearis (Irmayani et al., 2022).



Gambar 2. 1 Tanaman typha latifolia

2.6 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah penggunaan tanaman untuk menghilangkan polutan dari tanah atau air yang telah terkontaminasi (Rondonuwu, 2014). Fitoremediasi merupakan salah satu alternatif teknologi yang ramah lingkungan karena hanya menggunakan bahan alami untuk memperbaiki lingkungan dan digerakkan oleh matahari. Tanaman dapat memperbaiki lingkungan yang terkena polusi baik di tanah dan juga di air , maka dari itu fitoremediasi dianggap hemat biaya. Cara kerja dari fitoremediasi bergantung dengan sifat tanah, dan juga jenis pencemarannya. Tanaman dapat menyerap kontaminan melalui akar tanaman. Sistem akar pada tanaman merupakan metode utama untuk mencegah toksisitas karena daya serap dari sistem akar cukup besar dan juga dapat mengakumulasi nutrisi dan air (Sukono et al., 2020).

Fitoremediasi merupakan istilah umum yang digunakan untuk menggambarkan berbagai mekanisme dimana tanaman hidup mengubah komposisi kimia dari tanah yang terkontaminasi di mana mereka tumbuh. Pada dasarnya penggunaan tanaman hijau untuk membersihkan tanah, sedimen atau air yang tercemar. Keuntungan nyata dari teknik ini adalah lebih murah dibandingkan dengan teknik in situ atau ex situ lainnya. Tanaman dapat dengan mudah dipantau

untuk memastikan pertumbuhannya, logam berharga dapat diperoleh kembali dan digunakan kembali melalui fitoremediasi . Fitoremediasi sangat cocok di daerah yang tercemar dengan logam berat bahkan teknologi ini juga dinilai relatif murah, aman, dan inovatif terhadap lingkungan yang tercemar (Sidauruk & Sipayung, 2015).

2.7 Bioremediasi

Kontaminasi bahan pencemar yang berasal dari berbagai aktivitas seperti industri, pertanian, peternakan, dan kegiatan rumah tangga yang telah mengakibatkan penurunan signifikan dalam kualitas air di berbagai badan air seperti sungai, danau dan waduk. Bioremediasi adalah teknik dengan penggunaan mikroorganisme yang telah dipilih secara khusus untuk menguraikan atau menurunkan kadar polutan tertentu. Dalam proses bioremediasi, enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme mengubah struktur beracun menjadi senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya secara metabolik. Bioremediasi telah menjadi solusi yang cukup berkembang dalam pengolahan air limbah yang mengandung senyawa kimia yang sulit untuk terurai (Priadie, 2012).

Bioremediasi merupakan sebuah teknik remediasi yang bertujuan untuk menguraikan atau mengurangi tingkat racun baik itu polutan organik maupun anorganik dengan memanfaatkan agen biologi seperti cendawa, ganggang, bakteri dan tanaman. Teknik bioremediasi ini dikenal sebagai metode yang ramah lingkungan lebih ekonomis dibandingkan dengan teknik remediasi lainnya seperti fisika dan kimia (Lukic et al,2017).

2.8 Parameter Uji

Dalam penelitian ini, dua parameter utama akan diuji. Parameter pertama adalah parameter kimia, yang meliputi amonia dan warna. Parameter kedua adalah parameter fisik, yang terdiri dari pH dan Elektrokonduktiviti.

A. NH_3

Amonia dalam air disebabkan oleh dekomposisi, denitrifikasi bakteri, pembuahan dan aktivitas ekskresi organisme yang terkandung di dalamnya. Amonia (NH3) juga dikenal sebagai nitrogen amonia, terbentuk dari penguraian bahan organik oleh bakteri. Seluruh amonia yang dilepaskan ke dalam medium akan membentuk reaksi yang seimbang dengan ion amonium (NH4+). Amonium ini kemudian dinitrifikasi untuk membentuk nitrit dan nitrat. Amonia dalam keadaan tidak terdisosiasi lebih berbahaya bagi ikan daripada dalam bentuk amoniumnya. Nilai kandungan amonia berhubungan dengan nilai pH air. Semakin tinggi pH air, semakin tinggi konsentrasi amonia dalam bentuk tidak terdisosiasi (Bayu & Sugito, 2018).

B. Warna

Air limbah dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) memiliki warna yang berasal dari berbagai jenis zat. Molekul zat warna terdiri dari kombinasi zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai penghasil warna dan auksokrom sebagai pengikat warna pada serat. Zat organik tidak jenuh yang terlibat dalam pembentukan zat warna meliputi senyawa aromatik seperti hidrokarbon aromatik dan fenol , serta senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen. Gugus kromofor adalah gugus yang menyebabkan molekul memiliki warna (Manurung dkk 200).

C. pH

Nilai pH mencerminkan tingkat konsentrasi ion hidrogen dalam air. Kapasitas air dalam menahan atau melepaskan ion hidrogen menentukan apakah air tersebut bersifat asam atau basa (Ramadhani et al., 2019). Kadar pH yang tinggi pada air lindi menunjukkan keberadaan basa, biasanya melebihi angka 9. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai akalinitas, dan semakin rendah kadar karbon dioksida bebas. Jadi, air lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) mengandung basa dan memiliki kadar karbon dioksida yang rendah. Rentang nilai pH air lindi di TPA perkotaan

berkisar antara 1,5 hingga 9,5. Nilai pH mencerminkan seberapa asam atau basanya suatu cairan encer dan mengindikasikan konsentrasi ion hidrogennya. Nilai pH menjadi parameter kunci dalam evaluasi kualitas air karena memengaruhi berbagai proses biologis dan kimia yang terjadi di dalamnya (Angrianto et al., 2021)

D. EC

Electrical Conductivity (EC) adalah kemampuan untuk menghantarkan listrik dari ion-ion yang terlarut dalam larutan nutrisi. Nilai EC mencerminkan konsentrasi ion-ion yang terlarut; semakin tinggi jumlah ion terlarut, semakin tinggi pula nilai EC-nya. Tingkat EC yang tinggi atau rendah memengaruhi metabolisme tanaman, aktivitas enzim, dan kemampuan akar tanaman dalam menyerap ion-ion dari larutan nutrisi (Demuth, 2015). Electrical Conductivity (EC) adalah fenomena dimana terjadi aliran muatan listrik pada tanah yang berasal dari ion atau koloid tanah, yang kemudian membentuk medan listrik (Syekhfani, 2013). Dalam konteks ini, EC dapat dianggap sebagai indikator untuk mengukur tingkat konduktivitas listrik tanah yang disebabkan oleh keberadaan garam-garam terlarut (Swardana et al., 2022).

2.9 Mekanisme Bakteri

Bakteri endofit dan endogen memiliki peran penting dalam menguraikan polutan di dalam tanaman melalui berbagai mekanisme.

1. Kolonisasi dan Interaksi

   Bakteri endofit masuk ke jaringan tanaman melalui stomata, akar, atau luka, dan berkoloni tanpa menyebabkan penyakit, membentuk hubungan simbiotik yang meningkatkan kesehatan dan pertumbuhan tanaman. Dalam constructed wetlands, bakteri ini mengkolonisasi akar tanaman seperti *Phragmites, Typha,* dan *Scirpus*, yang tumbuh subur di lingkungan lembap, menyediakan habitat ideal bagi bakteri tanpa merusak tanaman (Halima Hanum, et al., 2022).

2. Produksi Enzim

   Bakteri ini mampu memproduksi enzim yang menguraikan senyawa kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana. Enzim seperti kitinase, selulase, dan protease berfungsi dalam menguraikan polutan organik serta logam berat (Aznur et al., 2022).

3. Biosorpsi dan Bioakumulasi

   Bakteri endofit mampu menyerap logam berat dan polutan lain dari tanah melalui dinding sel mereka, yang memiliki komponen yang dapat mengikat ion logam. Proses ini meningkatkan jumlah polutan yang bisa diakumulasi oleh tanaman (Aznur et al., 2022).

4. Peningkatan Avaibilitas

   Dengan menghasilkan eksudat akar, bakteri endofit menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan mikroba lain serta meningkatkan ketersediaan hayati polutan untuk diserap oleh tanaman. Hal ini mendukung proses fitoremediasi, di mana tanaman menyerap dan mengakumulasi polutan dari tanah atau air (Aktivitas, 2019).

2.10 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan studi sebelumnya yang mengevaluasi efektivitas lahan basah buatan dalam menurunkan konsentrasi polutan dengan menggunakan tanaman sebagai pengurai:

Tabel 2. 2 Penelitian Sebelumnya

Air Limbah	Tanaman	Hasil	Refrensi
Limbah industri	*Typha Angustifolia*	TSS (79,9%), Amoniak (33,9%) dan Sulfida (54,5%)	(Abdulgani et al., 2013)
Limbah Lindi	*Typha Latifolia*	Hasil Removal COD 91%, Amonia 98%-100% dan Warna sebesar 61%.	(Wulandari, 2023)
Limbah Lindi	*Typha Latifolia*	Removal COD 43%-97% dan Amonia 86%-98%	(Akhir & Susilo, 2023)
Limbah industri	*Typha Angustifolia*	TSS (73,78%; 77,18%; 84,71%); BOD5 (85,83%; 90,33%; 94,17%); COD (86,94%; 90,65%; 94,87%); Amoniak (NH3-N) (76,07%; 84,25%; 87,52%); Sulfida (H2S) (94,56%; 99,18%; 99,81);	(Abdulgani et al., 2014)
Limbah Laundry	*Typha Angustifolia*	Amonia Limbah deterjen 97,5%, pada limbah pewangi 97,98 %	(Dewi qurrotu, 2015)
Limbah Domestik	*Typha Latifolia*	Amonia 97,98%	(Kholif & Sugito, 2020)
Limbah Karet	*Typha Angustifolia*	Menurunkan kadar BOD sebesar 90,00%, dari 508,47 mg/L menjadi 53,32 mg/L. Kadar COD berkurang sebesar 90,15%, dari 5009,5 mg/L menjadi 493,3 mg/L. Kadar TSS menurun sebesar 94,42%, dari 806 mg/L menjadi 45 mg/L. Selain itu, pH meningkat dari 5,4 menjadi 6,1.	(Nasrullah, Syarif., Hayati, Rita., Kadaria, 2014)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

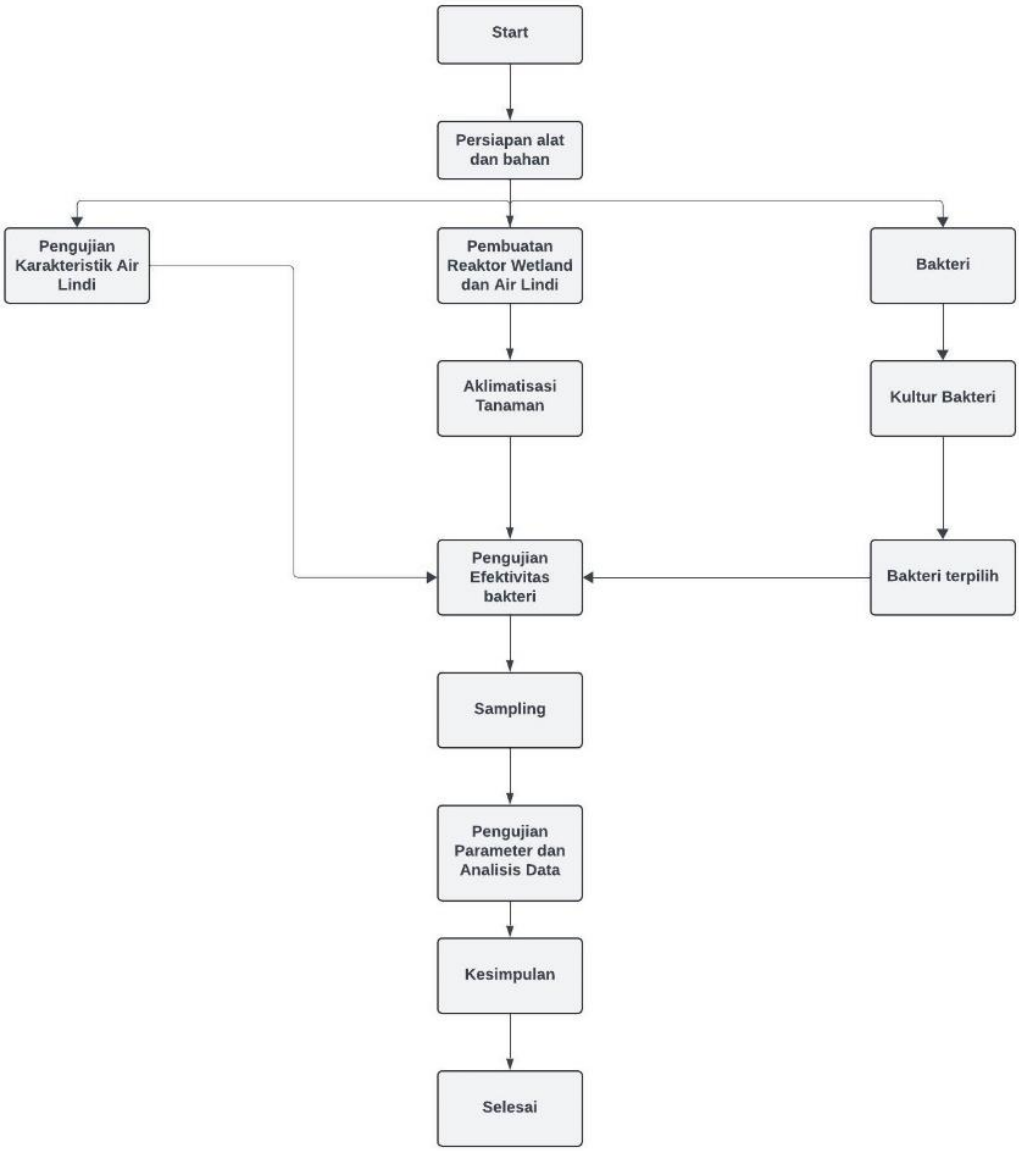
Penelitian ini akan dilakukan pada bulan September 2024 sampai dengan April 2024. Lokasi penelitian akan dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengambilan Air lindi dilakukan di IPL TPA Piyungan, Bantul, Yogyakarta pada proses aerasi.



Gambar 3. 1 Bak Aerasi IPL TPA Piyungan

3.2 Alur Penelitian

Penelitian TA ini akan menggunakan Efektivitas kombinasi bakteri spesifik dari air lindi dan wetland dalam melakukan penurunan kandungan Amonia dan warna pada air limbah TPA Piyungan. Berikut merupakan diagram alir dari tahapan yang akan dilakukan pada penelitian :



Gambar 3. 2 Alur Penelitian kemampuan bakteri terpilih terhadap kemampuan fitoremediasi dalam mengolah air lindi

3.3 Pengambilan Sample air lindi

Sampel limbah diambil langsung dari bak aerasi IPL (Instalasi Pengolahan Lindi) di TPA Piyungan dan disimpan dalam jerigen plastik berkapasitas 500 mL. Pengambilan air lindi dilakukan di permukaan paling atas bak aerasi IPL, karena area tersebut lebih mudah dijangkau.



Gambar 3. 3 Pengambilan air lindi

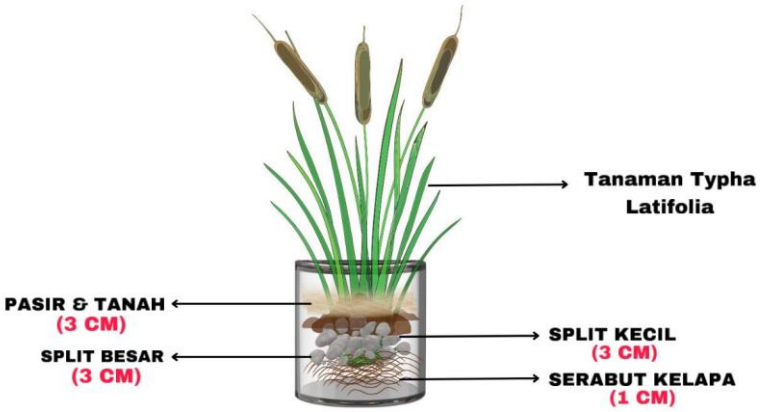
3.4 Pengoperasian Reaktor

3.4.1 Reaktor Wetland

Dalam penelitian ini, tanaman *Typha latifolia* ditanam di dalam reaktor berukuran 500 mL, yang terdiri dari empat lapisan media. Lapisan pertama atau paling bawah diisi dengan serabut kelapa setebal 1 cm. Lapisan kedua dan ketiga masing-masing diisi dengan split besar dan split kecil, masing-masing setebal 3 cm. Lapisan keempat atau paling atas terdiri dari pasir setebal 3 cm, serta tanah setebal 3 cm yang telah disterilkan melalui proses autoklaf pada suhu 121 derajat celcius selama 30 menit. Berikut adalah ilustrasi dari reaktor yang digunakan:



Gambar 3. 4 Reaktor FTW



Gambar 3. 5 Komposisi Reaktor FTW

Pada gambar di atas, terlihat ilustrasi dari reaktor FTW, di mana terdapat gelas cup plastik yang berisi tanaman serta empat lapisan media, yaitu serabut kelapa, split kecil, split besar, pasir, dan tanah. Cup plastik tersebut kemudian dimasukkan ke dalam wadah toples kaca berukuran 500 mL. Sebelum dimasukkan ke dalam reaktor, bagian bawah cup plastik diberi beberapa lubang untuk memungkinkan akar tanaman tumbuh bebas dan menjalar keluar dari cup plastik tersebut.

Tanaman *typha latifolia* yang digunakan berusia 3 bulan yang memiliki panjang sekitar 70 – 100 cm. Tanaman *typha latifolia* yang

digunakan adalah tanaman yang memiliki panjang batang yang paling pendek, kemudian tanaman tersebut dimasukkan ke dalam cup plastik yang berisi empat lapisan media, lalu dimasukkan ke dalam toples kaca yang berukuran 500 mL. Berikut adalah daftar reaktor yang dipersiapkan:

Tabel 3. 1 Running Reaktor

Sampel	Bakteri	Kode Reaktor	Komposisi Reaktor
1	A	A	Limbah Air Lindi + Tanaman + Kultur Bakteri A
2	E	B	Limbah Air Lindi + Tanaman + Kultur Bakteri E
3	G2	C	Limbah Air Lindi + Tanaman + Kultur Bakteri G2
4	H	D	Limbah Air Lindi + Tanaman + Kultur Bakteri H
5	R	E	Limbah Air Lindi + Tanaman + Kultur Bakteri R
6	S13	F	Limbah Air Lindi + Tanaman + Kultur Bakteri S13
7	S19	G	Limbah Air Lindi + Tanaman + Kultur Bakteri S19
8	Rd	H	Limbah Air Lindi + Tanaman + Kultur Bakteri Rd
9	S17	I	Limbah Air Lindi + Tanaman + Kultur Bakteri S17
10	RA4	J	Limbah Air Lindi + Tanaman + Kultur Bakteri RA4

Tabel 3. 2 Kontrol Reaktor

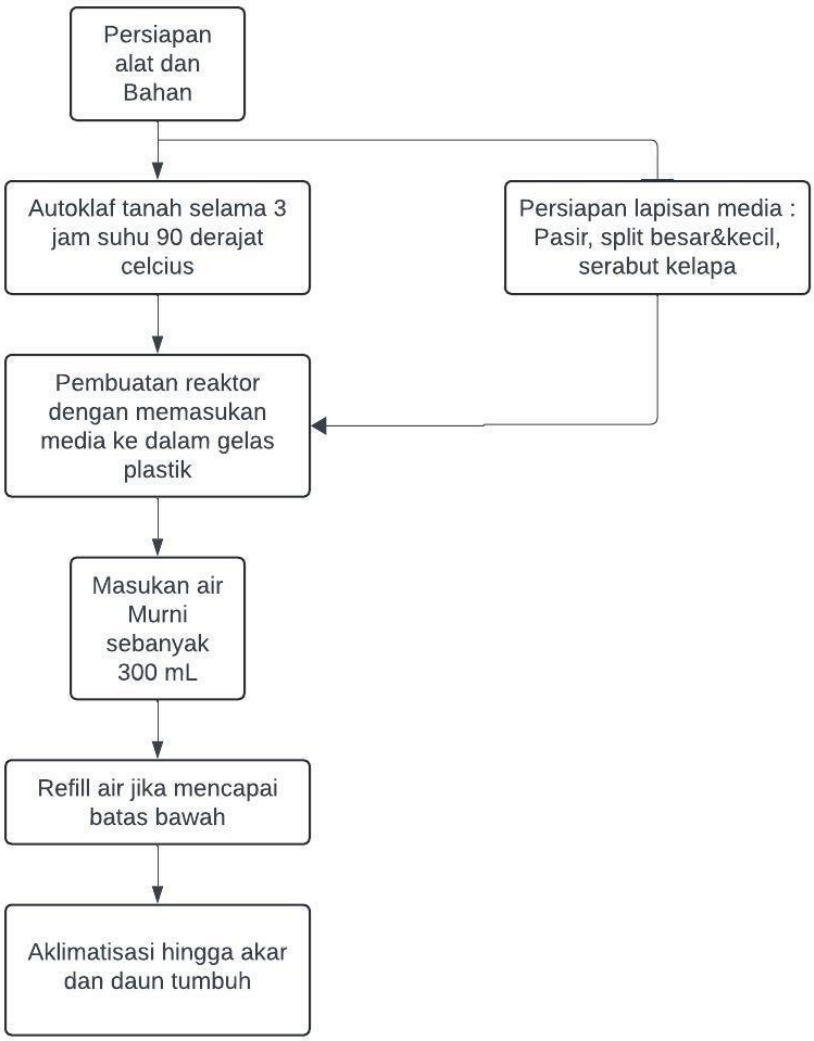
Kode Reaktor	Komposisi Reaktor
K	Limbah Air Lindi (300 mL) + Tanaman *Typha Latifolia*
L	Limbah Air Lindi (300 mL)
M	Aquades (300 mL) + Tanaman *Typha Latifolia*
Reaktor A-J	Air Lindi + Bakteri + *Typha Latifolia*

3.4.2 Aklimatisasi Tanaman *Typha Latifolia*

Aklimatisasi adalah proses di mana suatu organisme berupaya untuk menyesuaikan atau beradaptasi dengan lingkungan baru yang dimasukinya (Trimanto, 2012). Setelah pembuatan Reaktor FTW menggunakan toples kaca, Tanaman *Typha Latifolia* akan melewati proses aklimatisasi terlebih dahulu sebelum digunakan pada penelitian. Aklimatisasi tanaman dilakukan agar tanaman *Typha Latifolia* tidak asing dengan lingkungan yang baru serta dapat menghilangkan kandungan – kandungan yang berada di dalam

tanaman dan juga memaksimalkan pertumbuhan dari akar tanaman, maka dari itu harus dilakukan aklimatisasi agar tanaman dapat beradaptasi.

Ciri-ciri bahwa tanaman telah selesai menjalani aklimatisasi meliputi perubahan pada panjang akar dan menjadi lebih rimbun, pertambahan panjang tanaman, dan tumbuhnya tunas baru pada reaktor. Proses aklimatisasi tanaman berlangsung selama 1,5 bulan. Setiap reaktor diisi dengan 300 hingga 400 mL air dan disiram setiap hari. Berikut adalah proses aklimatisasi:



Gambar 3. 6 Proses aklimatisasi reaktor fitoremediasi



Gambar 3. 7 Kondisi Reaktor fitoremediasi di awal aklimatisasi

3.5 Inokulasi Bakteri

Tanaman *Typha Latifolia* yang sudah di aklimatisasi selama 1,5 bulan lanjut ke tahap inokulasi dengan bakteri. Pada proses ini kultur bakteri yang akan di inokulasi sebanyak 30 mL pada masing – masing reaktor yang berisi 300 mL sampel air lindi TPA Piyungan yang diencerkan 50% dan di autoklaf. Bakteri Endofit dan Endogen yang digunakan pada penelitian ini berasal dari tanaman sekitar IPL TPA Piyungan dan tanah sekitar IPL TPA Piyungan. Kondisi morfologi bakteri endofit dan endogen disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 3. 3 Kondisi morfologi bakteri endofit

Kode Reaktor	**Sampel**	**Morfologi Koloni**				
		Bentuk	**Margin**	**Elevation**	**Ukuran**	**Appearance**
E	A3	Iregular	Undulate	Flat	Besar	Dull
H	Rd	Bulat	Entire	Convex	Moderate	Glistering

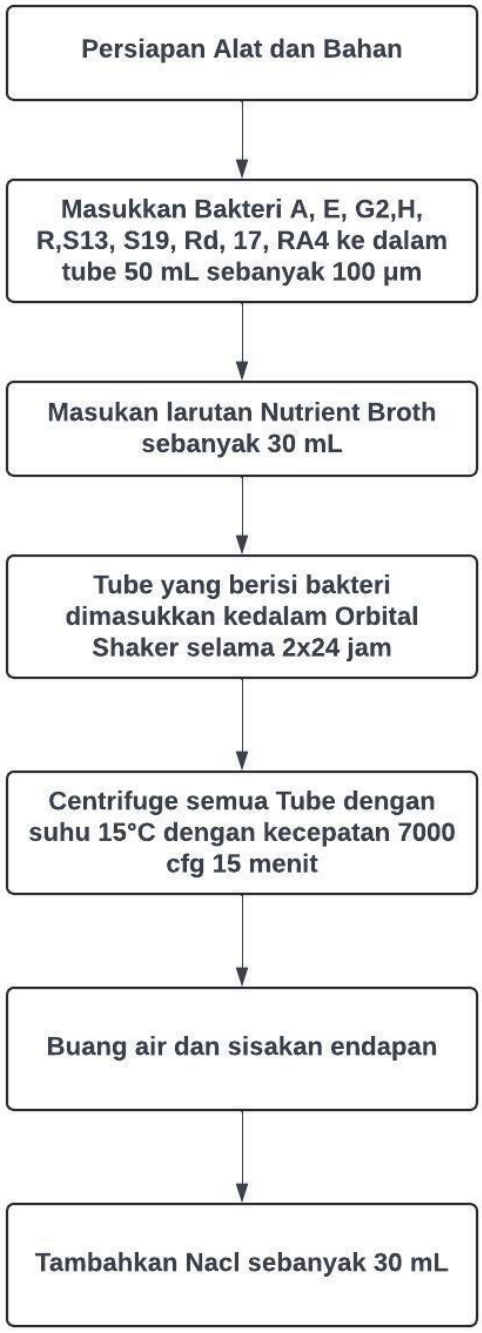
I	Rg	Ireguler	Undulate	Flat	Besar	Dull
J	RA4	Bulat	Entire	Raised	Besar	Dull

Hasil pengamatan morfologi bakteri endofit pada tanaman di sekitar Instalasi Pengolahan Limbah (IPL) Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan Analisis morfologi ini meliputi pengamatan bentuk, ukuran, dan struktur sel bakteri.

Tabel 3. 4 Kondisi morfologi bakteri endogen

Kode Reaktor	**Sampel**	**Morfologi Koloni**				
		Bentuk	**Margin**	**Elevation**	**Ukuran**	**Appearance**
A	T1	Bulat	Undulate	Flat	Sedang	Dull
B	T2	Bulat	Undulate	Raised	Sedang	Dull
C	T4	Bulat	Undulate	Flat	Kecil	Dull
D	T5	Bulat	Entire	Raised	Kecil	Glistering
F	S13	Bulat	Entire	Raised	Moderate	Glistering
G	S19	Irreguler	Lobate	Flat	Moderate	Dull

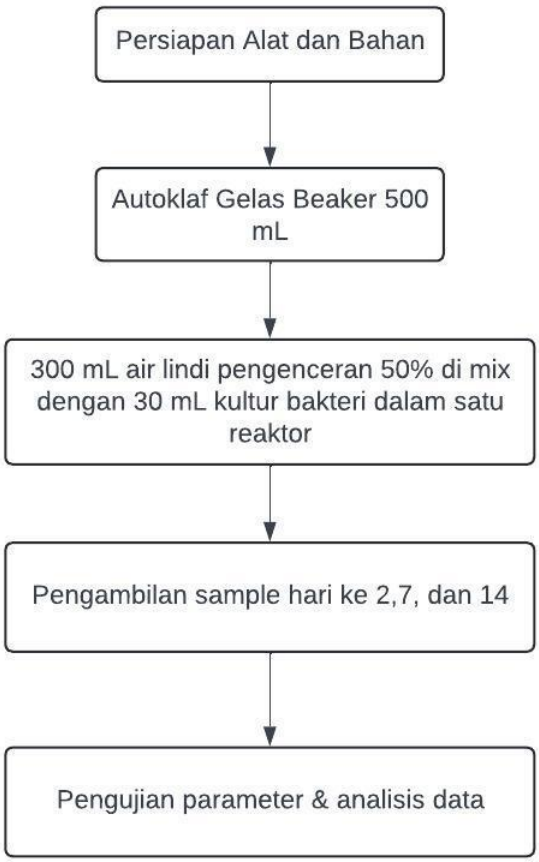
Hasil pengamatan morfologi bakteri endogen pada tanah di sekitar Instalasi Pengolahan Limbah (IPL) Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan. Analisis morfologi ini meliputi pengamatan bentuk, ukuran, dan struktur sel bakteri. Sepuluh bakteri yang telah terpilih di inokulasi sesuai dengan bagan kerja pada Gambar 3.8 .



Gambar 3. 8 Proses culture bakteri endofit & endogen terpilih

3.6 Running Reaktor

Sampel akan diuji setiap minggu, parameter yang akan diuji yaitu parameter kimia yang terdiri dari amonia dan warna sedangkan parameter fisik yaitu pH dan Elektrokonduktiviti. Berikut tahapan persiapan running reaktor pada 10 bakteri yang sudah terpilih :



Gambar 3. 9 Tahapan Persiapan Running Reaktor fitoremediasi

Setelah tahapan running reaktor, peralatan seperti gelas beaker 50 ml dan tabung 50 ml disterilkan terlebih dahulu dengan autoklaf selama 1 jam. Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke-2, ke-7, dan ke-14, dengan volume 20 mL sampel yang dimasukkan ke dalam tabung 50 ml untuk pengujian Amonia dan

Warna. Sebelum pengujian kimiawi, sampel air lindi disaring menggunakan kertas saring dengan ukuran pori 0,45 mikron. Pengujian parameter fisik seperti pH dan Elektrokonduktiviti dilakukan setiap hari, kecuali pada hari Minggu. Terdapat 10 jenis bakteri yang digunakan dalam reaktor. Setiap bakteri dimasukkan ke dalam dua reaktor atau duplo untuk meningkatkan akurasi hasil. Bakteri tersebut berasal dari tanah yang terkontaminasi, tumbuhan yang terkontaminasi, dan akar Typha Latifolia, berdasarkan penelitian sebelumnya (Tito & Fetria, 2023).

3.7 Parameter

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian parameter kimia yang meliputi amonia dan warna serta parameter fisik, yang terdiri dari pH dan Elektrokonduktiviti.

Berikut kajian tabel parameter beserta metode yang akan digunakan :

Tabel 3. 5 Parameter Kimia

No.	Parameter	Satuan	Metode	SNI
1.	Amonia	mg/L	Spektrofotometri	SNI 19-7117.6-2005
2.	Warna	Pt-Co	Spektrofotometri	SNI 6989.80-2011

Tabel 3. 6 Parameter Fisik

No.	Parameter	Satuan	Metode	SNI
1.	pH	-	pH Meter	SNI 6989.11 2009
2.	EC	uS/cm	Electrical Conductivity Meter	SNI 01-2332.1-2006

Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan reaktor yang mengandung bakteri terpilih, analisis dilakukan untuk mengevaluasi efektivitasnya dalam mengurangi kandungan amonia dan warna dalam limbah. Hasil pengujian dibandingkan dengan standar parameter yang ditetapkan dalam peraturan yang berlaku untuk menilai kemampuan bakteri dalam mengolah air limbah. Berikut adalah standar baku mutu yang berlaku.

Tabel 3. 7 Baku mutu air limbah yang berlaku

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Refrensi
Ammonia	mg/L	10	Permen LHK Nomor 68 tahun 2016 tentang baku Mutu Air Limbah Domestik
Warna	Pt-Co	200	Permen LHK RI NOMOR 16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah

3.7 Analisis Data

3.7.1 Removal

Pada masing – masing parameter polutan sampel air limbah TPA Piyungan akan melewati analisis removal. Analisis removal bertujuan untuk melihat potensi keberhasilan dalam mengolah air lindi TPA Piyungan dari tanaman *Typha Latifolia* dan bakteri spesifik. Setelah dilakukan parameter amonia dan warna pada limbah air lindi TPA Piyungan kemudian dilakukan perhitungan efisiensi removal dengan rumus :

$$\textbf{\%Removal} = \frac{\text{C awal\&C akhir}}{\boldsymbol{c\ awal}} \textbf{ x 100}$$

3.7.2 Standart Eror

Standart eror digunakan untuk mengetahui berapa besar nilai eror yang ada pada hasil analisis data penelitian, untuk mencari nilai eror harus menentukan STDEV dan SQRT terlebih dahulu. STDEV digunakan untuk mencari hasil deviasi standar dari data sampel yang diambil, sedangkan SQRT digunakan untuk mencari hasil akar kuadrat dari data yang sudah di uji. Perhitungan standart eror dapat dilakukan dengan rumus :

$$\textbf{Standart Error} = (\boldsymbol{Standar\ Deviasi})/\sqrt{\boldsymbol{n}}$$

n = rata-rata

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Limbah

Air lindi adalah Limbah cair yang mengandung bahan organik dengan konsentrasi yang sangat tinggi yang terbentuk di TPA akibat dari air hujan yang masuk ke TPA (Volkers, 2019). Karakteristik air lindi bermacam – macam sesuai dengan proses – proses yang dilakukan pada TPA itu sendiri. Air Lindi TPA Piyungan memiliki 3 proses pengolahan diantaranya : aerasi, sedimentasi, dan desinfeksi (Kartikasari et al., 2020) . Air lindi pada influen dan efluen pada TPA Piyungan berwarna coklat keruh. Warna air lindi tersebut sangat gelap dan disertai dengan bau yang busuk. Hal ini disebabkan karena hasil dekomposisi dari kandungan konsentrasi bahan organik yang cukup tinggi (Aziz et al., 2010). Kualitas Air lindi yang berada di TPA Piyungan masuk ke dalam kategori stabil. Karakteristik dari air lindi selain memiliki warna cokelat gelap, lindi juga memiliki nilai pH diatas 7 yaitu (8-8,2) dan juga memiliki kandungan COD dan NH3- N yang cukup tinggi (Kartikasari et al., 2020).

Tabel 4. 1 Baku mutu lindi

Parameter	Kadar Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
pH	6 – 9	-
BOD	150	mg/L
COD	300	mg/L
TSS	100	mg/L
N Total	60	mg/L
Merkuri	0,005	mg/L
Kadmium	0,1	mg/L

Sumber : Permen LHK No. P59 Tentang Baku Mutu Lindi TPA

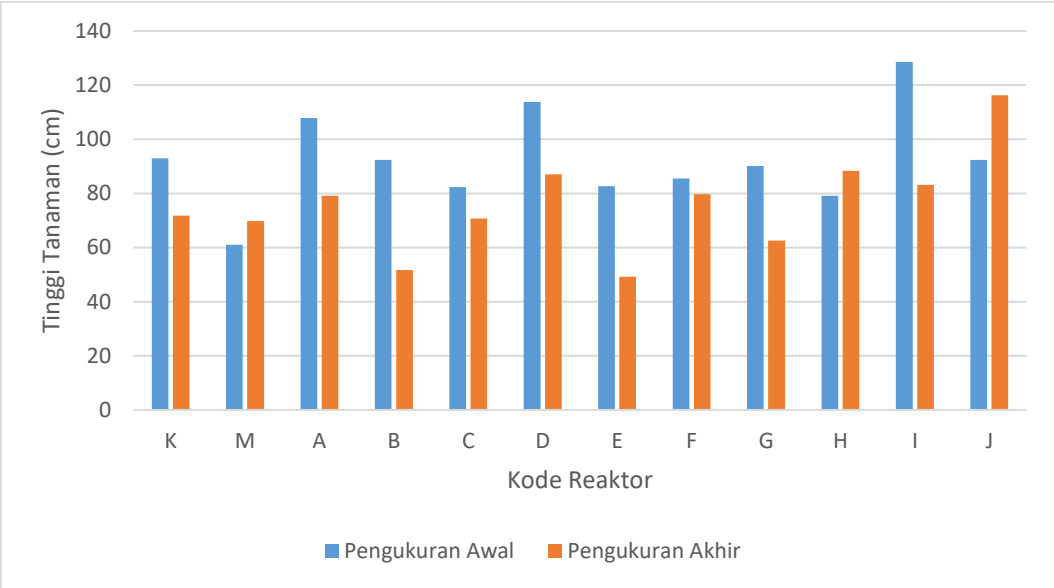
Tabel 4. 2 Kualitas Air Lindi TPA Piyungan

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Influen	Aerasi	Efluen
Temperatur	Celcius	Deviasi 3	33,2	34,2	34,2
TSS	mg	100	545	37,5	235
pH	-	6-9	8	8,2	8,07
BOD	mg	150	241	129	42,6
COD	mg	300	3511	3652	3511
TN	mg	60	1200	900	700
Hg	mg	0,005	0,118	0,0007	0,102
TDS	ppm	0,1	-	-	-

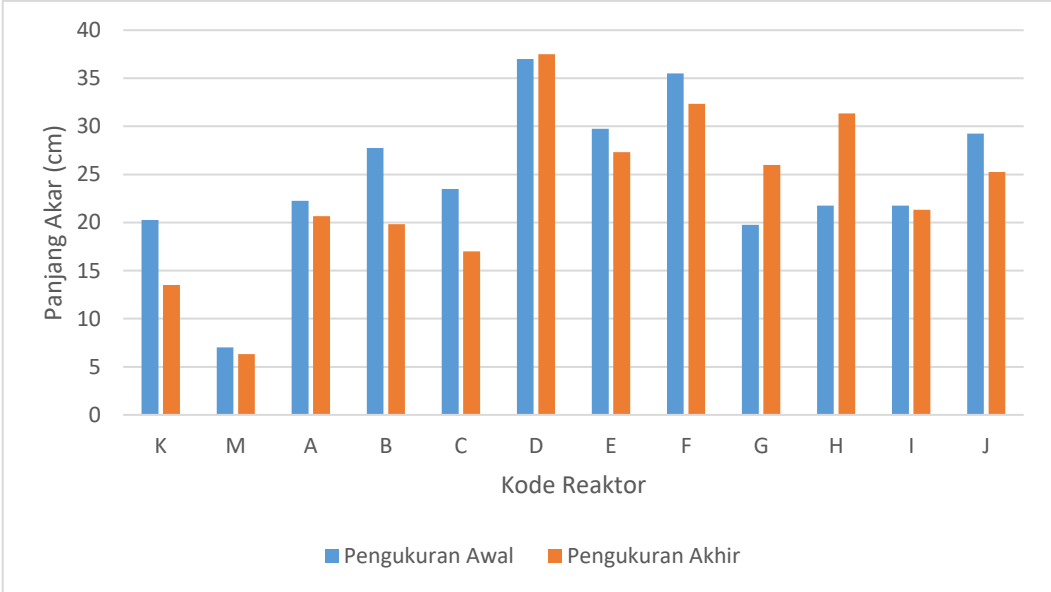
Sumber : Kartikasari, I. B., Widyastuti, M., & Hadisusanto, S. (2020).

4.2 Perubahan Tinggi Tanaman

Kondisi awal tanaman pada awal dilakukannya running reaktor kondisi panjang tanaman sangat beragam bahkan ada beberapa tanaman yang memiliki tunas kecil yang baru tumbuh, tanaman tersebut terdiri dari 1 sampai 2 rumpun per reaktor. Untuk panjang daun perhelai berkisar antara 53 – 148 cm. sedangkan untuk panjang akar berkisar antara 5cm – 36 cm. Reaktor yang memiliki tunas baru yaitu reaktor dengan kode D1 yang memiliki panjang helai daun sekitar 4 cm dan reaktor dengan kode J1 yang memiliki panjang helai daun sekitar 7 cm. Keberhasilan pertumbuhan tanaman *Typha latifolia* sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu, cahaya, dan hidrologi yang sesuai. Batang yang terpapar angin kencang rentan mengalami kerusakan, bahkan patah, yang dapat menyebabkan kematian tanaman. Kekurangan air dapat menghambat kemampuan tanaman untuk tumbuh dan berkembang dengan optimal (Sasvita et al., 2023). Berikut adalah tabel hasil pengukuran tanaman pada awal dan akhir dilakukannya running reaktor.



Gambar 4. 1 Pengukuran tinggi tanaman *Typha Latifolia*



Gambar 4. 2 Pengukuran panjang akar tanaman *Typha Latifolia*

Tanaman menunjukkan gejala kekeringan, seperti batang daun yang tidak tegak, serta ujung daun yang mengalami kekeringan. Banyak daun yang mati pada hampir semua reaktor, bahkan beberapa rumpun tanaman mengalami kekeringan

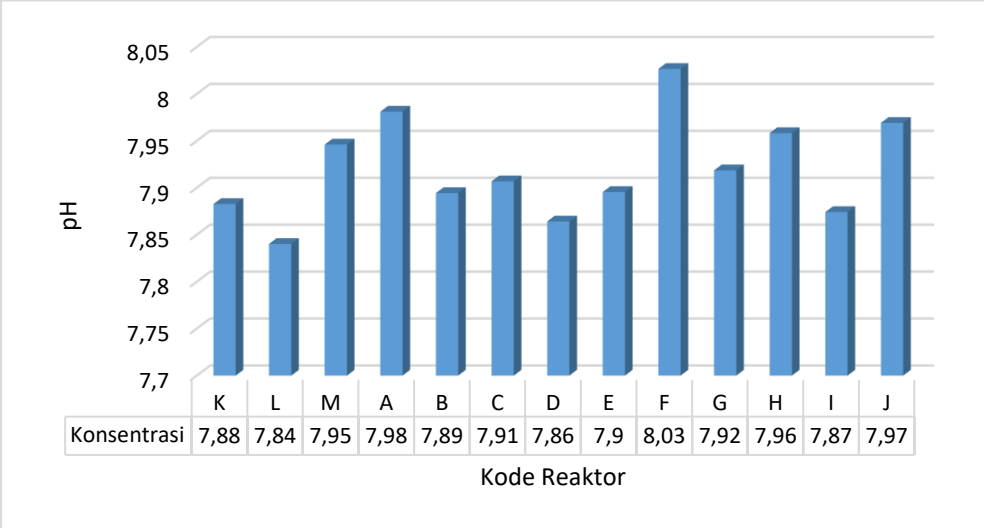
sehingga mati. Namun, peningkatan jumlah akar menyebabkan pertumbuhan tanaman meningkat. Dengan lebih banyak akar, kemampuan tanaman dalam menyerap air dan unsur hara dari tanah juga meningkat, yang mendukung pertumbuhan dan perkembangannya. Semakin banyak akar yang tumbuh, semakin luas pula area penyerapan akar, sehingga tanaman dapat menyerap lebih banyak unsur hara dan nutrisi untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan dan perkembangannya (Aka et al., 2017).

4.3 Parameter Fisik

Pengujian parameter fisik dimulai pada awal dilakukannya running reaktor yaitu tanggal 6 Maret 2024 – 27 Maret 2024 menggunakan alat *Multifunction Pen Type Water Quality Testing*. Total pengujian parameter fisik dilakukan sebanyak 18x, pengujian dilakukan setiap hari kecuali di hari minggu. Parameter yang akan diuji yaitu pH dan Elektrokonduktiviti. Pengujian dilakukan dengan cara memasukan alat *Multifunction Pen Type Water* ke dalam reaktor yang berisi air lindi dan bakteri.

4.3.1 pH

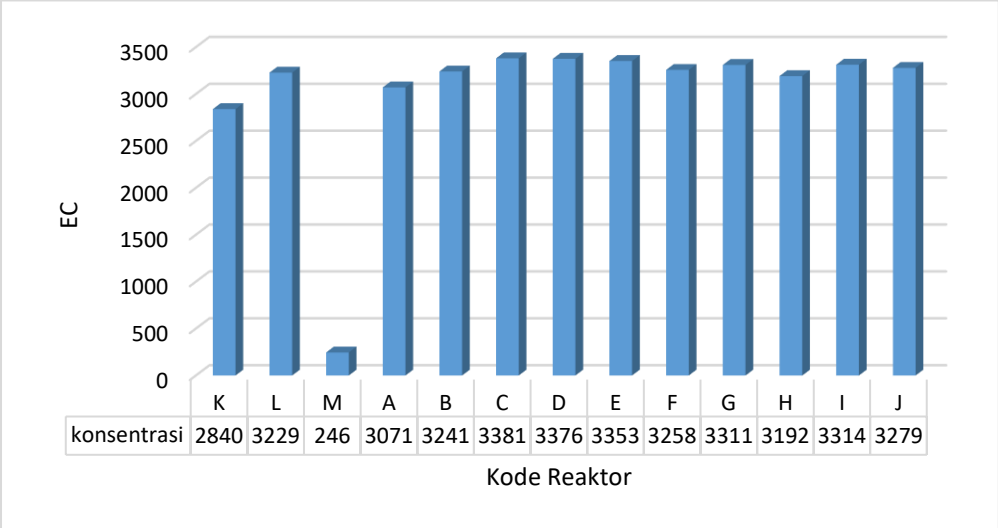
pH adalah parameter yang sangat penting dalam analisis kualitas air karena memengaruhi berbagai proses biologis dan kimia yang terjadi di dalamnya (Purwanti, 2005). pH dalam air dapat mempengaruhi parameter lain seperti amonia. pH yang lebih tinggi (basa) akan menyebabkan penurunan konsentrasi amonia menjadi lebih cepat, sehingga jumlah amonia yang hilang juga akan meningkat secara cepat (Kurniaty et al., 2016). PH yang terlalu asam atau basa dapat menyebabkan kematian pada bakteri karena kebanyakan bakteri dapat tumbuh dalam kondisi pH yang mendekati netral. Berdasarkan data yang diperoleh, pH yang kurang dari 4 tidak ideal sebagai media tanam, karena tanaman jenis *Typha latifolia* tumbuh baik dan subur dalam rentang pH 4 hingga 10 (Disyamto, 2014). Hasil running reaktor pH berkisar antara 7,4 -8,5 (Basa) . Berikut ini merupakan data hasil uji pH selama 19 hari :



Gambar 4. 3 Rata-Rata pH Keseluruhan. Reaktor K kontrol limbah+tanaman, reaktor L kontrol limbah, reaktor M kontrol aquades, raktor A-J Bakteri Terpilih.

4.3.2 EC (Electrical conductivity)

Nilai Electrical Conductivity (EC) yang tinggi atau rendah dapat memengaruhi metabolisme tanaman, aktivitas enzim, dan kemampuan akar tanaman dalam menyerap ion-ion larutan (Reno, 2015). electroconductivity mempengaruhi keseimbangan ionik, tekanan osmotik, dan aktivitas enzim dalam bakteri, yang semuanya berdampak langsung pada pertumbuhan dan kelangsungan hidup bakteri. EC yang optimal mendukung pertumbuhan bakteri, sementara nilai yang ekstrem (terlalu tinggi atau rendah) dapat menghambat atau bahkan membunuh bakteri (Halima Hanum, et al., 2022). Parameter Elektrokonduktiviti memiliki rata-rata 3226 µs/cm – 3490 µs/cm. Nilai tertinggi didapatkan pada reaktor L (kontrol limbah) sebesar 4060 µs/cm dan yang terendah terdapat pada reaktor K (kontrol tanaman + limbah) sebesar 2410 µs/cm.

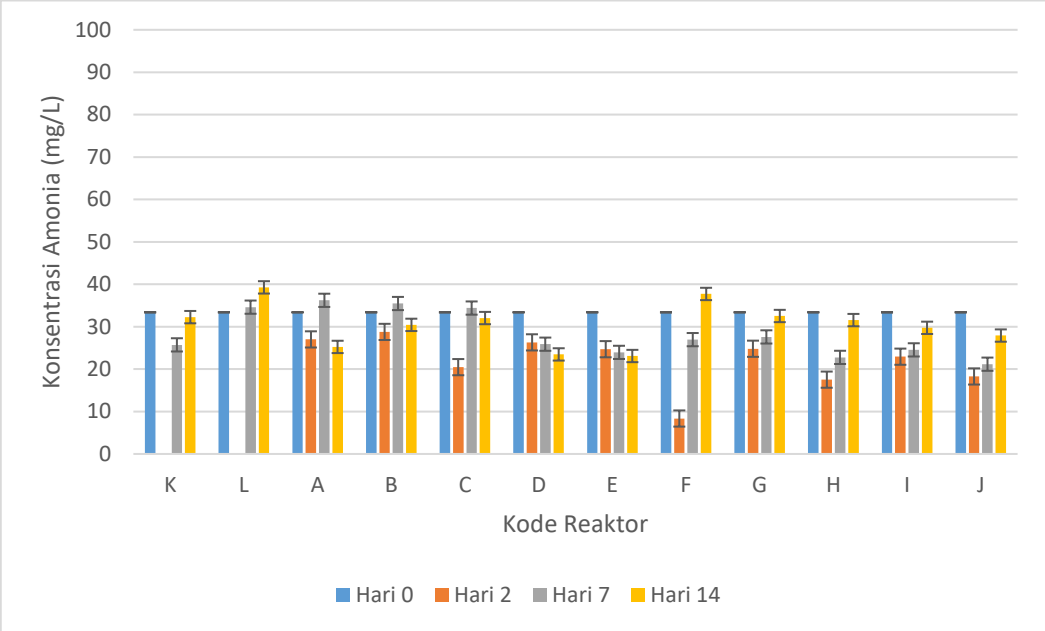


Gambar 4. 4 Rata-Rata Elektrokonduktiviti keseluruhan. Reaktor K kontrol limbah+tanaman, reaktor L kontrol limbah, reaktor M kontrol aquades, raktor A-J Bakteri Terpilih.

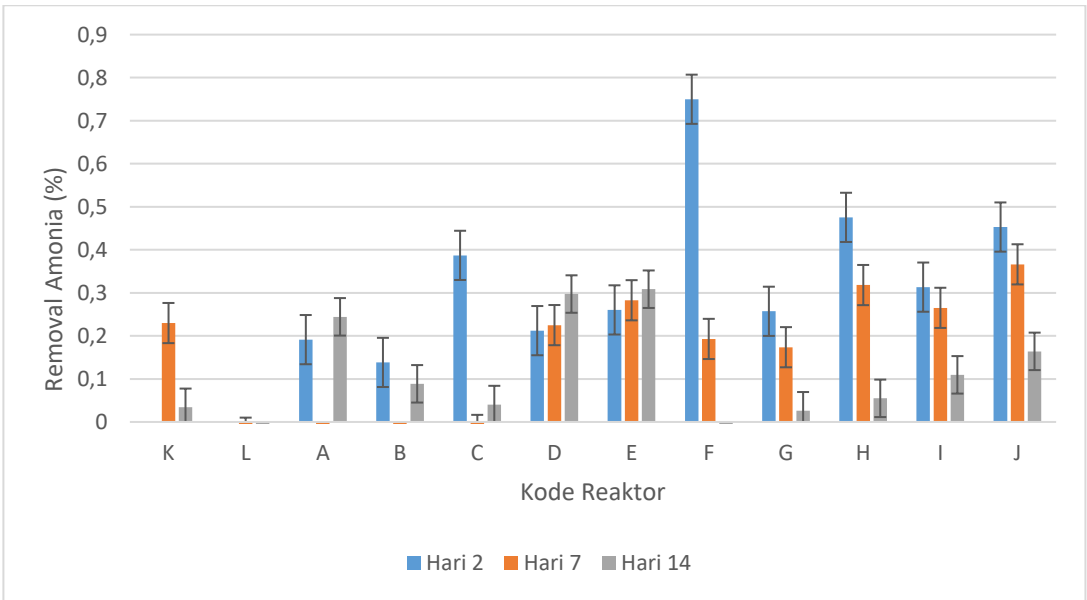
4.4 Removal Amonia Air lindi

Setelah reaktor dioperasikan selama 14 hari dan diuji sebanyak 3 kali pada hari ke-2, hari ke-7, dan hari ke-14, dilakukan uji kadar amonia. Konsentrasi parameter amonia pada sampel reaktor menunjukkan fluktuasi, dengan beberapa reaktor mengalami penurunan kadar amonia karena bakteri berfungsi dengan baik. Namun, terdapat juga reaktor yang mengalami peningkatan kadar amonia yang cukup tinggi. pH dalam air juga mempengaruhi parameter lain seperti amonia. pH yang lebih tinggi (basa) akan menyebabkan penurunan konsentrasi amonia menjadi lebih cepat, sehingga jumlah amonia yang hilang juga akan meningkat secara cepat. Kenaikan pH atau peningkatan konsentrasi ion hidroksida (OH-) menciptakan kondisi alkali yang mendukung proses oksidasi amonia. Ini mengakibatkan penurunan potensi oksidasi amonia seiring dengan peningkatan konsentrasi ion OH-. Ketika potensi oksidasi amonia menurun, reaksi oksidasi amonia menjadi N2 akan berlangsung lebih cepat, dan konsentrasi NH3 akan berkurang dengan cepat (Retnoningsih dan Yulia, 2010).

Berikut ini merupakan grafik hasil dari analisis data selama 14 hari.



Gambar 4. 5 Grafik Konsentrasi Amonia di beberapa reaktor. Reaktor K kontrol limbah+tanaman, reaktor L kontrol limbah, reaktor M kontrol aquades, raktor A-J Bakteri Terpilih.



Gambar 4. 6 Grafik Persentase Removal Amonia di beberapa reaktor. Reaktor K kontrol limbah+tanaman, reaktor L kontrol limbah, reaktor M kontrol aquades, raktor A-J Bakteri Terpilih.

Pada gambar grafik 4.5, terlihat bahwa reaktor K yang berisi tanaman dan limbah, serta reaktor L yang hanya berisi limbah, memiliki kadar amonia yang cukup tinggi. Oleh karena itu, dilakukan penambahan bakteri endofit dan endogen untuk mengurangi kadar amonia yang ada. Dari gambar grafik diatas dapat dilihat nilai konsentrasi Amonia air lindi sangat bervariasi karena mengalami penurunan dan kenaikan. Konsentrasi nilai Amonia awal sebesar 33,39062 mg/L. Ada dua reaktor yang mengalami penurunan kadar secara bertahap dari 3 kali pengujian, yaitu reaktor dengan kode D dan E. Reaktor D dan E dapat menurunkan kadar Amonia dengan nilai removal 30% dan 31 % pada hari ke 14. Reaktor lainnya mengalami naik turun atau tidak stabil, konsentrasi amonia cenderung tidak stabil karena dipengaruhi oleh penyerapan tanaman dan proses nitrifikasi, di mana amonia diubah menjadi nitrit dan nitrat (Kholif & Sugito, 2020).

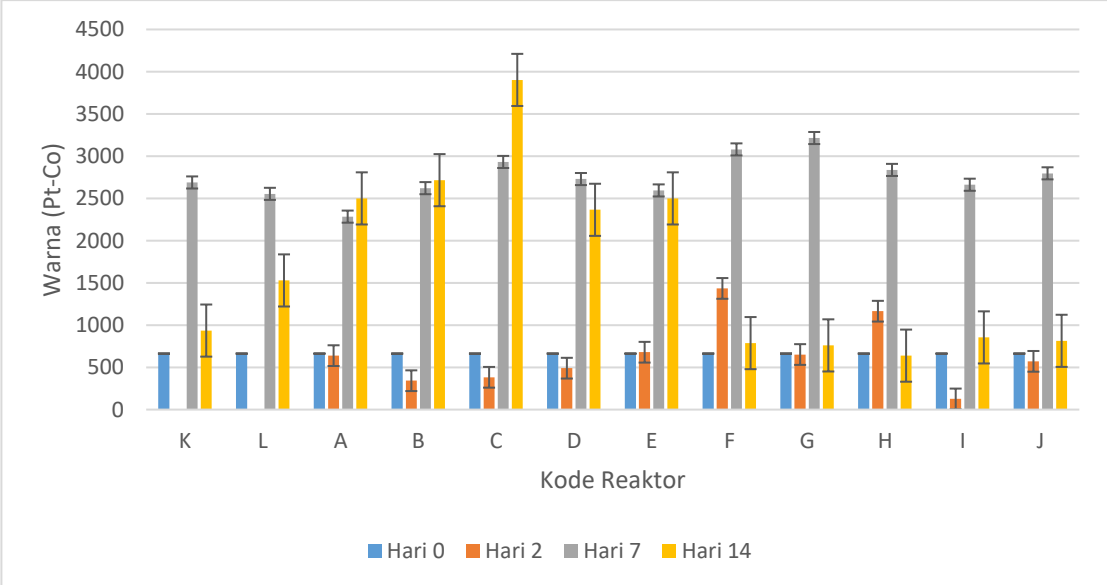
Penurunan kadar amonia disebabkan oleh proses volatilisasi, yaitu penguapan amonia ke udara dalam bentuk gas. Proses ini menjadi salah satu faktor utama yang menurunkan konsentrasi amonia, terutama di lingkungan terbuka yang terkena sinar matahari (Mutiara et al., 2019). Selain volatilisasi, proses ammonifikasi juga berperan penting, yaitu penguraian nitrogen organik menjadi amonia oleh mikroorganisme di tanah atau air. Di samping itu, imobilisasi oleh mikroorganisme, di mana amonia diserap untuk kebutuhan metabolisme mereka, juga membantu mengurangi kadar amonia. Kedua proses ini bekerja bersama-sama dalam menurunkan kadar amonia melalui perubahan kimia dan aktivitas biologis mikroorganisme (Kholif & Sugito, 2020).

Hasil analisis data menunjukkan bahwa hanya beberapa reaktor yang mengalami penurunan kadar amonia secara berkala, mendekati standar baku mutu air lindi yang ditetapkan dalam Permen LHK No. 59 Tahun 2016, yaitu 10 mg/L. Hanya reaktor D dan E yang menunjukkan penurunan kadar amonia yang mendekati kriteria baku mutu tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan tambahan untuk mencapai penurunan kadar amonia yang lebih efektif dan memenuhi standar mutu yang ditetapkan agar air limbah aman untuk dibuang ke badan air. Tanaman akan mencapai penyerapan yang maksimal jika berada dalam

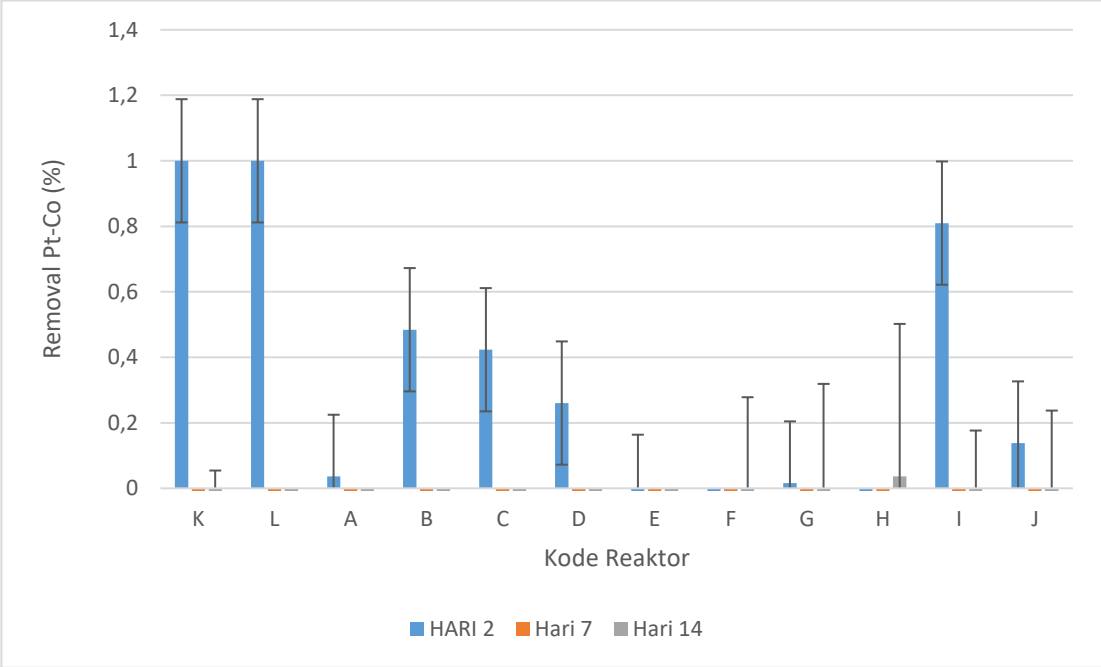
reaktor untuk jangka waktu yang lebih lama. Tingginya kadar amonia menunjukkan adanya pencemaran oleh bahan organik. Untuk mencegah dampak negatif dari pencemaran amonia, diperlukan pengelolaan yang efektif untuk menurunkan konsentrasi amonia dan bahan organik yang berpotensi mencemari lingkungan.

4.5 Removal Warna (Pt-Co) Air lindi

Dapat dilihat dari gambar grafik pada gambar 4.7 bahwa pada pengujian kali ini warna memiliki nilai yang sangat besar dan sedikit mengalami penurunan. Pengujian warna pada hari ke-2 untuk reaktor A sampai dengan reaktor E mengalami penurunan.



Gambar 4. 7 Grafik Konsentrasi Warna di beberapa reaktor. Reaktor K kontrol limbah+tanaman, reaktor L kontrol limbah, reaktor M kontrol aquades, raktor A-J Bakteri Terpilih.



Gambar 4. 8 Grafik Persentase Removal Warna di beberapa reaktor. Reaktor K kontrol limbah+tanaman, reaktor L kontrol limbah, reaktor M kontrol aquades, raktor A-J Bakteri Terpilih.

Reaktor A memiliki nilai removal tertinggi pada hari ke-2 yaitu sebanyak 4% dengan konsentrasi sebesar 638,6047 unit Pt-Co. Reaktor B memiliki nilai removal tertinggi pada hari ke-2 yaitu sebanyak 48 % dengan konsentrasi 341,8605 unit Pt-Co. Reaktor D memiliki nilai removal tertinggi pada hari ke-2 yaitu sebanyak 42 % dengan konsentrasi 382,3256 unit Pt-Co. Reaktor D memiliki nilai removal tertinggi pada hari ke-2 yaitu sebanyak 26 % dengan konsentrasi 490,2326. Namun pada reaktor E dan F mengalami kenaikan yang cukup tinggi. Reaktor G memiliki nilai removal tertinggi pada hari ke-2 yaitu sebanyak 652,093 unit Pt-Co dengan nilai removal sebanyak 2% pada hari ke-2. Kemudian untuk reaktor I,J, dan K mengalami kenaikan terus menerus. Baku mutu yang tertera pada Permen LHK RI NOMOR P.16/Menlhk/Setjen/Kum.1/4/2019 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk standar warna yaitu sebesar 200 PT-Co. Tidak ada satu pun reaktor yang memenuhi standar baku mutu yang berlaku. Hal ini disebabkan oleh rendahnya aktivitas metabolisme bakteri, karena proses reduksi zat warna

memerlukan enzim azoreductase yang dihasilkan oleh bakteri untuk memecah ikatan kromofor pada pewarna sintetik. (Naimah et al., 2014). Penggunaan zat warna sebagai sumber karbon yang tidak sesuai dengan kebutuhan metabolisme bakteri juga dapat mengganggu proses pemecahan zat warna dan menyebabkan fluktuasi dalam konsentrasi zat warna (Rezagama et al., 2017).

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil pengujian parameter kimia menunjukkan bahwa hanya dua reaktor yang mengalami penurunan kadar amonia secara berkala pada setiap pengujian. Reaktor dengan kode D dan E mengalami penurunan secara berkala pada hari ke-2, 7, dan 14. Reaktor D memiliki efektifitas removal sebesar 30% pada hari ke-14. Reaktor E dengan nilai efektivitas removal tertinggi pada hari-14 sebesar 31%. Pengujian parameter warna tidak ada yang memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Hasil pengujian parameter fisik untuk kandungan pH selama dilaksanakannya running reaktor selama 19 hari berkisar antara 7,20 - 9,0 yang berarti basa. Sedangkan untuk elektrokonduktiviti Nilai tertinggi didapatkan pada reaktor L1 (kontrol limbah) sebesar 4060 µs/cm dan yang terendah terdapat pada reaktor K1 (kontrol tanaman + limbah) sebesar 2410 µs/cm dengan rata-rata 3226 µs/cm – 3490 µs/cm pada keseluruhan reaktor.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian ini adalah perlu adanya pengolahan tambahan untuk menurunkan kadar amonia dan warna agar air limbah dapat memenuhi standar mutu yang ditetapkan dan aman untuk dibuang ke badan air. Selain itu, penelitian harus dilakukan dalam jangka waktu yang lebih lama, mulai dari proses aklimatisasi tanaman hingga running reaktor, untuk mencapai hasil yang lebih optimal dan menurunkan kadar polutan agar sesuai dengan baku mutu yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

Abbas, A. A., Jingsong, G., Ping, L. Z., Ya, P. Y., & Al-Rekabi, W. S. (2009). Review on landfill leachate treatments. *American Journal of Applied Sciences*, *6*(4), 672–684. https://doi.org/10.3844/ajas.2009.672.684

Abdulgani, H., Izzati, M., & S, S. (2014). Kemampuan Tumbuhan Typha Angustifolia Dalam Sistem Subsurface Flow Constructed Wetland Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Kerupuk (Studi Kasus Limbah Cair Sentra Industri Kerupuk Desa Kenanga Kecamatan Sindang Kabupaten Indramayu Jawa Barat). *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, *16*(2), 90. https://doi.org/10.14710/bioma.16.2.90-101

Abdulgani, H., Izzati, M., & Sudarno. (2013). *Subsurface Flow Constructed Wetland*. 482–488.

Aka, H. A., Suhendrayatna, & Syaubari. (2017). Penurunan Kadar Amonia Dalam Limbah Cair Oleh Tanaman Air Typha Latifolia (Tanaman Obor). *Jurnal Ilmu Kebencanaan*, *4*(3), 72–75.

Akhir, T., & Susilo, F. H. (2023). *Isolasi bakteri endogen dan endofit pada tanah dan akar tanaman typha latifolia untuk mengolah air lindi*.

Aktivitas, D. A. N. U. J. I. (2019). *ANTIBAKTERI DARI BAKTERI ENDOFIT DAUN KELOR (Moringa oleifera)*.

Ali, M. (2011). Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan dan Kesehatan. In *UPN Press*.

Angrianto, N. L., Manusawai, J., & Sinery, A. S. (2021). Analisis Kualitas Air Lindi dan Permukaan pada areal TPA Sowi Gunung dan Sekitarnya di Kabupaten Manokwari Papua Barat. *Cassowary*, *4*(2), 221–233. https://doi.org/10.30862/casssowary.cs.v4.i2.79

Ardila, R., Setyaji, G., Ardila, N., Novendi, E., & Ilma, I. (2017). Pengelolaan Sampah TPST Piyungan: Potret Kondisi Persampahan Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul, dan Kabupaten Sleman. *Pengelolaan Lingkungan, Blok*, *2018*, 1–33.

Aziz, S. Q., Aziz, H. A., Yusoff, M. S., Bashir, M. J. K., & Umar, M. (2010). Leachate characterization in semi-aerobic and anaerobic sanitary landfills: A comparative study. *Journal of Environmental Management*, *91*(12), 2608–2614. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.07.042

Aznur, B. S., Nisa, S. K., & Septriono, W. A. (2022). *Agen Biologis Potensial untuk Bioremediasi Logam Berat*. *1*(4), 186–198.

Bayu, & Sugito, S. (2018). Analisis Kadar |Derajat Keasaman (pH) Dan Amonia Terhadap Pengaruh pH Awal Pada Populasi Kladosera (Moina sp .). *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, *16*(1), 33–37.

Damanhuri, E., & Padmi, T. (2018). Pengelolaan Sampah Terpadu. *Pengolaan Sampah Terpadu*, 1–50.

Demuth, T. (2015). No TitleÉ?__. *Ekp*, *13*(3), 1576–1580.

Dewi qurrotu, J. T. (2015). *PADA LIMBAH LAUNDRY DENGAN TUMBUHAN CATTAIL (Typha angustifolia) DAN KAYU APU (Pistia stratiotes) REDUCTION OF AMMONIUM (NH 4 +) CONCENTRATION IN LAUNDRY WASTEWATER USING CATTAIL (Typha angustifolia) AND WATER LETTUCE (Pistia stratiotes)*.

Elystia, S., Sasmita, A., & Purwanti. (2014). Pengolahan Kandungan Cod Limbah Cair Pabrik Latifolia Dengan Metode Fitoremediasi. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, *11*(2), 88–95.

Febriani, D. S., Darmayanti, L., & Handayani, Y. L. (2022). Pemanfaatan Floating Treatment Wetland Untuk Pengolahan Air Limbah Penatu. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, *23*(1), 19–28. https://doi.org/10.30595/techno.v23i1.11266

Halima Hanum, S., Toto Poernomo, A., . S., & Rosyidah, S. (2022). Effect of pH, temperature, and metalactivator on the activity of fibrinolytic enzymes produced by Pseudomonas aeruginosa Ts 6.4. *Berkala Ilmiah Kimia Farmasi*, *9*(1), 9–12. https://doi.org/10.20473/bikfar.v9i1.40890

Irianti, M., Linggi, A., Joko, T., & Widada, J. (2023). Potensi dan Keragaman Bakteri Endofit sebagai Agens Pemacu Pertumbuhan dan Biokontrol Anggrek (Potential and Diversity of Endophyte Bacteria as Orchid Growth

Supporting Agent and Biocontrol). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI), Oktober*, *28*(4), 677–684. https://doi.org/10.18343/jipi.28.4.677

Irmayani, Fetindah, S. P., & Komalasari, I. (2022). Strategi Design Lanskap Typha Latifolia Berbasis Fitoremediasi Terhadap Recovery Lahan Lumpur Lapindo Dan Eko-Wisata Sidoarjo. *Jurnal Nabatia*, *10*(1), 35–44.

Islami, R. R., Moelyaningrum, A. D., & Khoiron, K. (2023). Analisis Sistem Pengelolaan Sampah Di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Di Kabupaten Lumajang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, *22*(2), 179–188. https://doi.org/10.14710/jkli.22.2.179-188

Kahfi, A. (2017). Overview of Waste Management. *Jurisprudentie: Department of Law, Faculty of Sharia and Law*, *4*(1), 12.

Kartikasari, I. B., Widyastuti, M., & Hadisusanto, S. (2020). Pengujian Toksisitas Lindi Instalasi Pengolahan Lindi TPA Piyungan pada Daphnia sp. dengan Whole Effluent Toxicity. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *18*(2), 297–304. https://doi.org/10.14710/jil.18.2.297-304

Kholif, M. Al, & Sugito, S. (2020). Penyisihan Kadar Amoniak Pada Limbah Cair Domestik Dengan Menggunakan Sistem Constructed Wetland Bio-Rack. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, *6*(1), 25–33. https://doi.org/10.20527/jukung.v6i1.8235

Kurniaty, Y., Haji Bani Nararaya, W., Nabila Turawan, R., & Nurmuhamad, F. (2016). Mengefektifkan Pemisahan Jenis Sampah Sebagai Upaya Pengelolaan Sampah Terpadu. *Varia Justicia*, *12*(1), 135–150. http://dkpt.magelangkota.go.id/bidang/kebersihan,

Megasari, M., Sulistiono, E., Syakbanah, N. L., & Prasidya, D. A. (2023). Potensi Bakteri Endogen Dalam Meminimalisir Senyawa Amonia Di Sungai Kaliotik Lamongan. *Jurnal Kesehatan Dan Pengelolaan Lingkungan*, *4*(2), 45–51. http://journal2.uad.ac.id/index.php/jkpl/index

Megasari, R., Biyatmoko, D., Ilham, W., & Hadie, J. (2012). Identifikasi Keragaman Jenis Bakteri Pada Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Dengan Lumpur Aktif Limbah Tahu. *Enviro Scienteae*, *8*, 89–101.

Mutiara, V., Dwiratna, C., & Setyobudiarso, H. (2019). Penurunan Kadar Amonia

Dan Fosfat Dengan Metode Fitoremediasi Pada Limbah Cair Rumah Sakit Persada Malamg. *Jurnal Lingkungan*.

Naimah, S., A., S. A., Jati, B. N., Aidha, N. N., & Cahyaningtyas, A. A. (2014). Degradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit Tio2 – Zeolit. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, *36*(2), 225. https://doi.org/10.24817/jkk.v36i2.1889

Nasrullah, Syarif., Hayati, Rita., Kadaria, U. (2014). Pengolahan Limbah Karet Dengan Fitoremidiasi Menggunakan Tanaman Typha Angustifolia. *Teknik Lingkungan*, 1–10.

Priadie, B. (2012). Teknik Bioremediasi Sebagai Alternatif Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *10*(1), 38. https://doi.org/10.14710/jil.10.1.38-48

Ramadhan, F., Adji, T. N., & Prasasti DR, F. (2018). TPA PIYUNGAN , BANTUL , YOGYAKARTA (Study of Groundwater Contamination near Piyungan Landfill ,. *PROCEEDING: Pertemuan Ilmiah Tahunan Ketiga Perhimpunan Ahli Air Tanah Indonesia (PIT-PAAI), November*.

Ramadhan, F., Prasasti D.R, F., Firizqy, F., & Nugroho Adji, T. (2019). Pendugaan Distribusi Air Lindi dengan Geolistrik Metode ERT di TPA Piyungan, Bantul, DIY. *Majalah Geografi Indonesia*, *33*(1), 1. https://doi.org/10.22146/mgi.38813

Ramadhani, J., Asrifah, R. D., & Wahyuning, I. (2019). Pengolahan Air Lindi Menggunakan Metode Constructed Wetland di TPA Sampah Tanjungrejo, Desa Tanjungrejo, Kecamatan Jekulo, Kabupaten Kudus. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumian*, *1*(2), 1–8. http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/kebumian/article/view/3280

Rezagama, A., Purwono, P., Hadiwidodo, M., Yustika, M., & Prabowo, Z. N. (2017). PENGOLAHAN AIR LINDI TPA JATIBARANG MENGGUNAKAN FENTON (H2O2 – Fe). *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, *14*(1), 30. https://doi.org/10.14710/presipitasi.v14i1.30-36

Rondonuwu, S. B. (2014). Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan

Tanaman Dan Sistem Reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains*, *14*(1), 52. https://doi.org/10.35799/jis.14.1.2014.4951

Safira, U. M., Pasaribu, F. H., & Bintang, M. (2017). Isolasi Bakteri Endofit dari Tanaman Sirih Hijau (*Piper betle* L.) dan Potensinya sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri. *Current Biochemistry*, *1*(1), 51–57. https://doi.org/10.29244/cb.1.1.51-57

Sidauruk, L., & Sipayung, P. (2015). Fitoremediasi Lahan Tercemar Di Kawasan Industri Medan Dengan Tanaman Hias. *Pertanian Tropik*, *2*(2), 178–186. https://www.neliti.com/publications/157093/fitoremediasi-lahan-tercemar-di-kawasan-industri-medan-dengan-tanaman-hias

Suharti. (2018). *Teknik Pengelolaan Sampah Di Tpa Piyungan Sebagai Sumber Belajar Pengelolaan Limbah Padat*. 1–10.

Suhartini. (2008). Pengaruh Keberadaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Piyungan terhadap Kualitas Air Sumur Penduduk di Sekitarnya. *Naskah Jurnal Saintek 2008*, 0–16.

Sukono, G. A. B., Hikmawan, F. R., Evitasari, E., & Satriawan, D. (2020). Mekanisme Fitoremediasi: Review. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, *2*(2), 40–47. https://doi.org/10.35970/jppl.v2i2.360

Susanto, J. P., Ganefati, S. P., Muryani, S., & Istiqomah, H. (2004). Pengolahan Lindi (Leachate) Dari TPA dengan Sistem Koagulasi-Biofilter Anaerobic. *Tek Lingk P3TL-BPPT*, *2*, 167–173.

Swardana, A., Mutmainah, S. H. S., Yahya, A. M., Sumia, N. H., & Lubis, M. H. (2022). JAGROS Journal of Agrotechnonogy and Science. *Pengukuran Nilai Daya Hantar Listrik Pada Berbagai Tanah Sawah Di Kecamatan Tarogong Kaler, Kabupaten Garut*, *7*(Desember), 6.

Trimanto. (2012). Aklimatisasi Tumbuhan Hasil Eksplorasi Dan Perbanyakan Tanaman Unit Seleksi Seleksi Dan Pembibitan Kebun Raya Purwodadi. *Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS*, 1–5.

Volkers, M. (2019). No TitleΕΛΕΝΗ. *Αγαη*, *8*(5), 55.

Wulandari, D. I. (2023). *Efektifitas kombinasi reaktor aerasi dan spesifik bakteri untuk mendegradasi polutan air limbah lindi tpa piyungan*.

LAMPIRAN



Lampiran 1 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor A1 dan A2



Lampiran 2 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor B1 dan B2



Lampiran 3 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor C1 dan C2



Lampiran 4 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor D1 dan D2



Lampiran 5 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor E1 dan E2



Lampiran 6 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor F1 dan F2



Lampiran 7 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor G1 dan G2



Lampiran 8 Kondisi akhir Tanaman Typha Latifolia Reaktor H1 dan H2



Lampiran 9 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor I1 dan I2

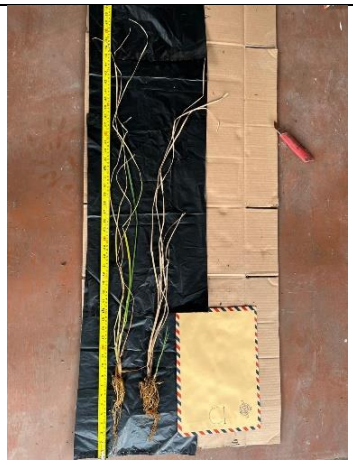


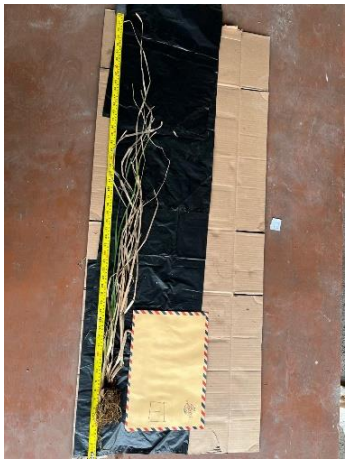
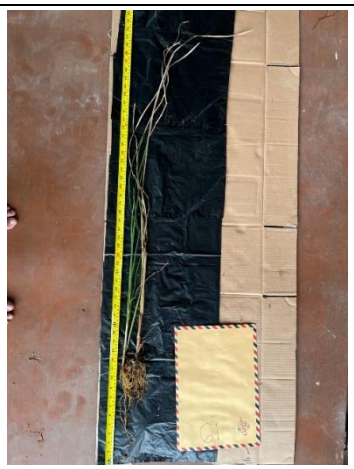
Lampiran 10 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor J1 dan J2



Lampiran 11 Kondisi akhir Tanaman *Typha Latifolia* Reaktor K1 dan K2

PENGUKURAN TANAMAN (AKHIR)		
Reaktor	**Gambar Reaktor 1**	**Gambar Reaktor 2**
A		

B		
C		
D		

E		
F		
G		

H		
I		
J		

K		
L		

Lampiran 12 Pengukuran Akhir Tanaman *Typha Latifolia*



Lampiran 13 Proses pemindahan tanaman ke dalam reaktor FTW



Lampiran 14 Proses penumbuhan bakteri