

TUGAS AKHIR

**Isolasi Bakteri Endogen dan Endofit dari Tanah dan
Akar Tanaman Terkontaminasi Air Lindi**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan

Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



TITO NAUFAL BHYANTORO

19513112

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

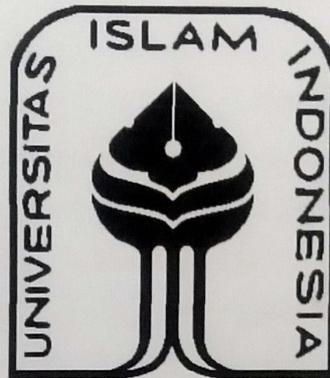
YOGYAKARTA

2023

TUGAS AKHIR

**Isolasi Bakteri Endogen dan Endofit dari Tanah dan
Akar Tanaman Terkontaminasi Air Lindi**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

TITO NAUFAL BHYANTORO

19513112

Disetujui,:

Pembimbing 1

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

NIK. 1651306

Tanggal: 23 oktober 2023

Pembimbing 2

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Sc.

NIK. 15513050

Tanggal: 23 oktober 2023

Mengetahui,*

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Anv Juhani, S. T., M.Sc.(RES.Eng), Ph.D

NIK. 045130401

Tanggal: 23 oktober 2023

HALAMAN PENGESAHAN*

**Isolasi Bakteri Endogen dan Endofit dari Tanah dan
Akar Tanaman Terkontaminasi Air Lindi**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin

Tanggal : 23 Oktober 2023

Disusun Oleh:

TITO NAUFAL BHYANTORO

19513112

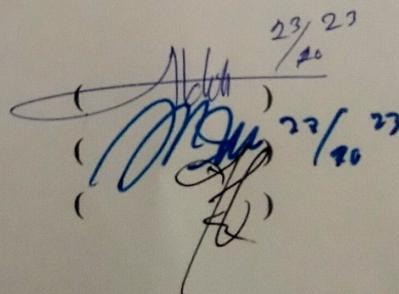
Tim Penguji :

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

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Sc.

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

23/23
/20
()
()
()
23/23
/20



*Halaman ini dibuat apabila sudah selesai pendadaran

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 sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



Tito Naufal Bhyantoro

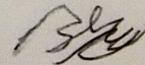
NIM: 19513112

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Maret 2023 ini ialah **Isolasi Bakteri Endogen dan Endofit dari Tanah dan Akar Tanaman Terkontaminasi Air Lindi**. Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan dukungan, semangat, dorongan, serta bimbingan dari berbagai pihak yang terlibat sehingga penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu menjadi tempat berserah diri dan meminta pertolongan sehingga penulis dimudahkan segala urusannya.
2. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan semangat, dukungan baik moral maupun moril, kasih sayang, serta doa sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi.
3. Syafiq Dwinando Bhyantoro selaku saudara kandung penulis yang selalu mendengarkan keluhan, memberikan semangat, menghibur, dan membantu penulis dalam proses penyusunan skripsi serta selalu menemani penulis dalam kondisi suka maupun duka.
4. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing I, Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing II, dan Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.. selaku *reviewers* dan penguji sidang skripsi yang telah memberikan banyak bimbingan dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi.
5. Ibu Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.SC.. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membantu penulis saat menghadapi kesulitan dalam menjalani proses perkuliahan dan memberikan masukan serta saran kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
6. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Lingkungan UII yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.
7. Pihak-pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu-persatu

Yogyakarta, 15 Agustus 2023



Tito Naufal Bhyantoro

ABSTRAK

TITO NAUFAL BHYANTORO . Isolasi Bakteri Endogen dan Endofit dari Tanah dan Akar Tanaman Terkontaminasi Air Lindi. Dibimbing oleh Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. dan Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Sc.

Permasalahan sampah hingga kini masih menjadi salah satu permasalahan yang belum bisa teratasi dengan baik di Indonesia. Ini dapat dilihat dari kondisi Tempat Pengolahan Akhir (TPA), yang sebagian besar masih belum memenuhi standar sanitary landfill.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bakteri endogen dan endofit dari tanah dan akar tanaman yang terkontaminasi air lindi untuk mengolah air lindi. Pada penelitian ini diambil 10 bakteri paling dominan dan memiliki karakteristik morfologi yang berbeda untuk selanjutnya dilakukan pengujian kemampuan bakteri dalam mengolah air lindi dengan menggunakan reaktor batch.

Hasil yang didapat dari penelitian menunjukkan reaktor T4 (gram positif, *bacillus*) memiliki kemampuan untuk mengolah amonia terbaik dengan mampu menurunkan kadar amonia hingga 54,59 mg/l (removal 98%), sama halnya untuk COD reaktor T4 juga merupakan reaktor dengan kemampuan mengolah COD terbaik dengan mampu menurunkan kadar COD hingga 202,5 mg/l (94% removal). Untuk parameter warna didapat bahwa reaktor T5 (gram negatif, *bacillus*) memiliki kemampuan mengolah warna terbaik dengan mampu menurunkan kadar warna hingga 77,5 Pt-co (94% removal)

Kata kunci: Air Lindi , Amonnia, Bakteri endofit, Bakteri Endogen, COD, Warna

ABSTRACT

TITO NAUFAL BHYANTORO . Isolation of Endogenous and Endophytic Bacteria from Soil and Plant Roots Contaminated by Leachate Water. Supervised by Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. and Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Sc.

The waste problem is still one of the problems that has not been resolved properly in Indonesia. This can be seen from the condition of Final Processing Sites (TPA), most of which still do not meet sanitary landfill standards.

This research aims to identify endogenous and endophytic bacteria from soil and plant roots contaminated with leachate to treat leachate. In this study, the 10 most dominant bacteria that had different morphological characteristics were taken and then tested for the bacteria's ability to process leachate using a batch reactor.

The results obtained from the research show that the T4 (gram positive, bacillus) reactor has the best ability to process ammonia by being able to reduce ammonia levels to 54.59 mg/l (98% removal), similarly for COD the T4 reactor is also a reactor with the ability to process The best COD, capable of reducing COD levels up to 202.5 mg/l (94% removal). For color parameters, it was found that the T5 reactor (gram negative, bacillus) had the best color processing capability by being able to reduce color content up to 77.5 Pt-co (94% removal)

Keywords: COD, Coulur, Endogenous Bacteria Endhopyte Bacteria, Leachate

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	i
ABSTRAK.....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Asumsi Penelitian.....	4
1.6 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tempat Pengolahan Akhir (TPA).....	5
2.2 Air Lindi.....	6
2.3 Bakteri Endofit dan Endogen.....	7
2.4 Biodiversitas.....	8
2.5 Pengolahan Air Lindi Dengan Fitoremediasi.....	9
2.6 Reaktor Batch.....	10
2.7 Studi Terdahulu.....	10
BAB III METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	13
3.2 Alat dan Bahan.....	13
3.3 Alur Penelitian.....	13
3.3 Isolasi Bakteri.....	15

3.4	Prosedur Identifikasi Bakteri	20
3.5	Runing Reaktor.....	24
3.6	Pengambilan dan Penyiapan Sampel Uji (Amonia, COD, Warna)	27
3.7	Pengujian Kemampuan Bakteri.....	28
3.8	Analisis Data	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Identifikasi Bakteri Dominan	33
4.2	Morfologi Bakteri Terpilih.....	36
4.3	Parameter Fisika-Kimia Reaktor	39
4.4	Konsentrasi Ammonia dan Persentase Removal Amonia	43
4.5	Konsentrasi COD dan Persentase Removal COD	48
4.6	Konsentrasi Warna dan Persentase Removal Warna.....	51
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		55
5.1	Simpulan.....	55
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN.....		65
RIWAYAT HIDUP.....		78

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 3. 1 Jumlah Bakteri Endofit atau Endogen Pada Tiap Reaktor	24
Tabel 3. 2 Perlakuan pada Reaktor Pengujian.....	27
Tabel 3. 3 Metode Pengujian.....	28
Tabel 4. 1 Kode dan Morfologi Bakteri <i>Endogen</i> Hasil Isolasi	33
Tabel 4. 2 Kode dan Morfologi Bakteri <i>Endofit</i> Hasil Isolasi.....	34
Tabel 4. 3 Bakteri terpilih untuk reaktor	36
Tabel 4. 4 Morfologi Bakteri <i>Endogen</i> Terpilih.....	37
Tabel 4. 5 Morfologi bakteri <i>endofit</i> terpilih.....	38
Tabel 4. 6 Hasil Pewarnaan Gram Bakteri <i>Endogen</i> Terpilih.....	38
Tabel 4. 7 Hasil Pewarnaan Gram Bakteri Endofit Terpilih	39
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Reaktor (Suhu, EC, TDS, dan ORP).....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	14
Gambar 3. 2 (A) Pengambilan sampel akar Tanaman <i>Amaranthus Viridis</i> dari TPA Piyungan, (B) Pengambilan sampel <i>Eleusine indica</i> dari TPA Piyungan, (C) Tanaman <i>Amaranthus Viridis</i> , (D) Tanaman <i>Eleusine indica</i>	15
Gambar 3. 3 Peta Titik pengambilan Sampel Penelitian.....	16
Gambar 3. 4 Tahap Ekstraksi dan Isolasi Bakteri <i>Endogen</i> dari Sampel Tanah TPA Piyungan	17
Gambar 3. 5 Tahap Pencucian dan Pengujian Akar Tanaman <i>Amaranthus viridis</i> dan <i>Eleusine indica</i> dari TPA Piyungan	18
Gambar 3. 6 Tahap Isolasi Bakteri Sampel Akar Tanaman <i>Amaranthus viridis</i> dan <i>Eleusine indica</i> dari TPA Piyungan	19
Gambar 3. 7 Karakteristik Morfologi Koloni Bakteri Menurut ATTC.....	20
Gambar 3. 8 Tahap Pemurnian Bakteri <i>Endogen</i> dan <i>Endofit</i> dari Sampel Tanah dan Akar Tanaman <i>Amaranthus viridis</i> dan <i>Eleusine indica</i> dari TPA Piyungan	21
Gambar 3. 9 Tahap Pewarnaan Gram Bakteri <i>Endogen</i> dan <i>Endofit</i> dari Sampel Tanah dan Akar Tanaman <i>Amaranthus viridis</i> dan <i>Eleusine indica</i> dari TPA Piyungan	22
Gambar 3. 10 Tahap Kultur dan Perhitungan Jumlah Bakteri <i>Endogen</i> dan <i>Endofit</i> dari Sampel Tanah dan Akar Tanaman <i>Amaranthus viridis</i> dan <i>Eleusine indica</i> dari TPA Piyungan	23
Gambar 3. 11 Tahap Persiapan Reaktor Pengujian	25
Gambar 3. 12 Penampakan Reaktor	26
Gambar 3. 13 Prosedur Pengambilan dan Penyiapan Sampel Air Reaktor.....	28
Gambar 3. 14 Diagram Alir Pengujian Amonia.....	29
Gambar 3. 15 Diagram Alir Pengujian COD	30
Gambar 3. 16 Diagram Alir Pengujian Warna	31

Gambar 4. 1 Grafik Jumlah Bakteri <i>Endogen</i> Hasil Isolasi	34
Gambar 4. 2 Grafik Jumlah Bakteri <i>Endofit</i> Hasil Isolasi.....	35
Gambar 4. 3 Kadar DO Reaktor dari Hari ke-0 Sampai ke-18, bar adalah hasil 1x pengujian, reaktor T adalah reaktor dengan penambahan bakteri endogen, reaktor A adalah reaktor dengan penambahan bakteri endofit.....	43
Gambar 4. 4 Grafik Perubahan Kadar Amonia pada Reaktor Bakteri <i>Endogen</i>	44
Gambar 4. 5 Grafik Persentase Removal Amonia Reaktor Bakteri <i>Endogen</i>	44
Gambar 4. 6 Grafik Perubahan Kadar Amonia pada Reaktor Bakteri <i>Endofit</i>	46
Gambar 4. 7 Grafik Persentase Removal Amonia Reaktor Bakteri <i>Endofit</i>	47
Gambar 4. 8 Grafik Perubahan Kadar COD pada Reaktor Bakteri <i>Endogen</i>	48
Gambar 4. 9 Grafik Persentase Removal COD Reaktor Bakteri <i>Endogen</i>	48
Gambar 4. 10 Perubahan Kadar COD pada Reaktor Bakteri <i>Endofit</i>	50
Gambar 4. 11 Grafik Persentase Removal Reaktor Bakteri <i>Endofit</i>	50
Gambar 4. 12 Perubahan Kadar Warna pada Reaktor Bakteri <i>Endogen</i>	51
Gambar 4. 13 Grafik Persentase Removal Reaktor Bakteri <i>Endogen</i>	52
Gambar 4. 14 Perubahan Kadar Warna pada Reaktor Bakteri <i>Endofit</i>	53
Gambar 4. 15 Grafik Persentase Removal Reaktor Bakteri <i>Endofit</i>	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Cawan Hasil Isolasi Bakteri <i>Endogen</i> dan <i>Endofit</i> dari Sampel Tanah dan Akar Tanaman <i>Amaranthus viridis</i> dan <i>Eleusine indica</i> dari TPA Piyungan	65
Lampiran 2 Gambar Hasil Pemurnian Bakteri Endogen terpilih dari Sampel Tanah TPA Piyungan	67
Lampiran 3 Gambar Hasil Pemurnian Bakteri <i>Endofit</i> Terpilih dari Akar Tanaman dari TPA Piyungan	68
Lampiran 4 Gambar Hasil Pewarnaan Gram bakteri <i>Endogen</i> Terpilih dari Sampel Tanah TPA Piyungan	69
Lampiran 5 Gambar Hasil Pewarnaan Gram Bakteri Endofit Terpilih dari Sampel Akar Tanaman <i>Amaranthus viridis</i> dan <i>Eleusine indica</i> dari TPA Piyungan	70
Lampiran 6 Kurva kalibrasi penentuan jumlah Bakteri <i>Endogen</i> dan <i>Endofit</i>	71
Lampiran 7 Tabel Hasil OD Bakteri <i>Endogen</i> dan <i>Endofit</i>	71
Lampiran 8 Tabel Hasil Pendataan Suhu Air Lindi pada Reaktor	72
Lampiran 9 Tabel Hasil Pendataan pH Air Lindi pada Reaktor	72
Lampiran 10 Tabel Hasil Pendataan Kadar DO Air Lindi pada Reaktor.....	73
Lampiran 11 Tabel Hasil Pendataan Kadar EC Air Lindi pada Reaktor	73
Lampiran 12 Tabel Hasil Pendataan Kadar ORP Air Lindi pada Reaktor.....	74
Lampiran 13 Tabel Hasil Pendataan Kadar TDS Air Lindi pada Reaktor.....	74
Lampiran 14 Kurva Kalibrasi Pengujian Kadar Amonia	75
Lampiran 15 Kurva Kalibrasi Pengujian Kadar COD.....	75
Lampiran 16 Kurva Kalibrasi Pengujian Kadar Warna	76
Lampiran 17 Tabel Hasil Konsentrasi Ammonia dan Persentase Removalnya pada Reaktor Pengujian.....	76
Lampiran 18 Tabel Hasil Uji Konsentrasi COD dan Persentase Removalnya pada Reaktor Pengujian.....	77
Lampiran 19 Tabel Hasil Uji Konsentrasi Warna dan Persentase Removalnya pada Reaktor Pengujian.....	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah masih menjadi permasalahan yang belum ditangani secara baik di negara Indonesia. Diketahui Jumlah timbulan sampah di daerah Yogyakarta tercatat mencapai angka 653,062.81 ton pada tahun 2021 (SIPSN, 2021). Salah satu jenis pencemar yang dihasilkan dari kegiatan pengolahan sampah di TPA adalah air lindi. Air lindi dapat diartikan sebagai limbah cair yang dihasilkan dari proses perkolasi air hujan melalui sampah yang ada sehingga air hujan tersebut mengandung zat kontaminan dari sampah yang dilaluinya. Air lindi bisa mengandung bahan organik dalam jumlah besar, serta beberapa zat pencemar lain seperti amonia dan juga logam berat (Renou *et al.*, 2006). Beberapa permasalahan lingkungan yang dapat disebabkan karena air lindi seperti tercemarnya tanah dan air tanah disekitaran wilayah TPA, tercemarnya badan air, serta timbulnya resiko biokumulasi logam berat serta microplastic apabila air lindi sampai mengontaminasi lahan pertanian ataupun badan sungai yang mana bisa mempengaruhi Kesehatan manusia yang mengkonsumsi hasil pertanian atau ikan yang hidup di lingkungan tercemar air lindi (Parvin *et al.*, 2021).

Dikarenakan komposisi zat pencemar yang sangat kompleks dan beragam dari air lindi, maka terdapat banyak jenis teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah air lindi tergantung pada komposisi zat pencemar yang ada. Dikarenakan D.I. Yogyakarta sebesar 71,15% sampahnya masih berupa limbah organik (SIPSN, 2021), maka jenis teknologi yang cocok digunakan adalah pengolahan secara biologis, yang dimana pengolahan jenis ini cocok untuk mengolah air limbah dengan kandungan zat organik yang tinggi. Beberapa teknologi pengolahan air lindi secara biologis yang biasanya digunakan dalam proses pengolahan air lindi diantaranya seperti menggunakan bak laguna yang dimana, berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya bak laguna yang dilengkapi dengan aerator dapat menurunkan kadar COD hingga 97% (Robinson *et al.*, 1988) , sementara untuk bak

laguna yang tidak dilengkapi dengan aerator hanya mampu mengurangi kadar COD hingga 40% (Frasconi *et al.*, 2004).

Dalam pengolahan air limbah secara biologis, keberadaan bakteri memegang peran penting sebagai agen yang bertugas untuk mengurai kandungan organik dari air limbah. Beberapa jenis bakteri yang dapat dimanfaatkan dalam proses pengolahan limbah air lindi, diantaranya seperti (*Bacillus sp* dan *Pseudomonas sp*), kapang (*Penicillium chrysogenum*, *Rhizopus stolonifer* dan *Aspergillus oryzae*) dan khamir (*Saccharomyces cerevisiae*) yang mana merupakan jenis bakteri yang dapat mengurai kandungan kontaminan dari air lindi (Suhendrayatna, 2001).

Bakteri pengurai tersebut biasanya ditemukan pada bak-bak pengolah air lindi pada instalasi pengolah air lindi di TPA, namun tidak menutup kemungkinan bakteri-bakteri tersebut dapat tumbuh di tanah ataupun akar tanaman yang ada di sekitar unit tersebut. Dari penelitian yang dilakukan oleh (Abedinzadeh, *et al.*, 2019) telah diketahui bahwa bakteri yang mendiami bagian dalam akar (endofit) dan juga tanah sekitar akar (endogen) dapat membantu pertumbuhan tanaman yang tumbuh pada daerah tercemar dengan merekrut bakteri dengan karakteristik yang mampu menahan zat pencemar tersebut. Simbiosis antara bakteri dan tanaman ini merupakan kunci dari konsep remediasi dengan memanfaatkan tanaman (fitoremediasi), yang mana merupakan salah satu metode penguraian zat pencemar yang populer saat ini. Beberapa bakteri dari genus *Acidovorax*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, dan *Rhodococcus*, telah dilaporkan mampu untuk mengurangi sejumlah zat pencemar dalam proses fitoremediasi dikarenakan kemampuan bakteri-bakteri tersebut untuk meningkatkan metal solubility, dengan menghasilkan zat asam organik, dan juga polisakarida, selama proses pembuatan zat promotor pertumbuhan tanaman (Liu *et al.*, 2017). Sehingga bakteri-bakteri endogen dan endofit ini juga memiliki potensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai metode dalam pengolahan zat kontaminan termasuk kontaminan dari air lindi.

Dari penelitian-penelitian terkait pemanfaatan bakteri endogen dan endofit yang telah dilakukan sejauh ini, dalam pengujiannya masih memanfaatkan bantuan dari beberapa jenis tanaman seperti *Typha Latifolia* dan *Vetiveria Zizanioides*

dalam proses pengolahannya. Sementara dalam penelitian ini dilakukan dengan hanya memanfaatkan bakteri pada air lindi menggunakan sebuah bioreactor dengan tipe batch, Selain itu belum ada penelitian yang meneliti terkait jenis bakteri yang tumbuh pada tanah dan akar tanaman terkontaminasi air lindi di TPA Piyungan, sehingga, penelitian ini, di mana ditujukan untuk mencari tahu apakah terdapat jenis bakteri yang didapat dari tanah dan/atau akar tanaman yang ada di TPA piyungan yang mampu mengolah kontaminan berupa ammonia, COD, dan warna pada air lindi tanpa menggunakan bantuan dari tanaman memiliki urgensi untuk dilakukan.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- 1) Bagaimana karakteristik morfologi dan sifat gram bakteri yang didapat dari sampel tanah dan akar tanaman di TPA Piyungan ?.
- 2) Bagaimana kemampuan bakteri dari sampel tanah dan akar tanaman dari TPA Piyungan dalam mengurangi kandungan ammonia, COD, dan Warna dari limbah air lindi ?.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain :

- 1) Mengidentifikasi karakteristik morfologi serta sifat gram bakteri yang diperoleh.
- 2) Mengevaluasi kemampuan bakteri dalam mengolah kontaminan air lindi TPA piyungan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

- 1) Sebagai informasi mengenai karakteristik morfologi dan sifat gram bakteri yang berasal dari tanah dan akar tanaman dari TPA Piyungan.
- 2) Sebagai informasi mengenai kemampuan bakteri dari tanah dan akar tanaman dari TPA Piyungan dalam mengolah kontaminan amonia, COD, dan warna
- 3) Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya di bidang yang sama.

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi dalam penelitian ini adalah bakteri Endofit dan Endogen yang didapat dari sampel Tanah dan Akar tanaman di TPA Piyungan, dapat dimanfaatkan untuk mengolah dan mengurangi kandungan Amonia, COD, dan Warna dari air lindi yang didapat dari TPA Piyungan.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

- 1) Identifikasi bakteri dilakukan pada sampel tanah dan akar terkontaminasi disekitar TPA piyungan.
- 2) Identifikasi bakteri dilakukan melalui pengamatan morfologi dan juga pewarnaan gram.
- 3) Identifikasi bakteri menggunakan metode isolasi bakteri dan juga kultur bakteri
- 4) Kemampuan bakteri dalam mengolah air lindi diuji pada Batch reactor berupa toples kaca berukuran 500 ml yang di running selama 3 minggu.
- 5) Evaluasi kemampuan bakteri dalam mengolah air lindi dilakukan dengan melakukan pengujian kadar Amonnia, COD , dan Warna,

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pengolahan Akhir (TPA)

Tempat pengolahan Akhir (TPA) merupakan ujung akhir dari proses pengolahan sampah. Pengolahan akhir ini dapat berupa upaya pembakaran, penimbunan, ataupun pembuatan produk baru dari sampah, dengan tujuan agar sampah yang terus dihasilkan oleh penduduk tidak terus menumpuk hingga dapat mencemari kondisi lingkungan sekitar (Winahyu *et al.*, 2013). Selain sampah, TPA juga difungsikan untuk mengolah air lindi yang dihasilkan dari tumpukan sampah yang ada di TPA, sehingga diperlukan satu unit pengolahan air limbah (IPAL) khusus di TPA untuk dapat mengolah air lindi yang dihasilkan tersebut (Wahyu, 2007).

Berdasarkan metode pengelolaannya TPA dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yakni :

- Open Dumping : TPA yang beroperasi dengan hanya mengumpulkan tumpukan sampah di lahan TPA tersebut, tanpa adanya pengolahan lebih lanjut.
- Controlled Dumping : TPA dengan jenis ini tidak jauh berbeda dengan open dumping, hanya saja TPA jenis ini sudah terdapat pendataan terkait sampah yang masuk ke TPA.
- Controlled landfill : TPA jenis ini sudah memiliki fasilitas yang terbilang mencukupi dan sudah terdapat pelapisan dan pengolahan air lindi secara sederhana.
- Sanitary landfill : TPA jenis ini merupakan jenis TPA yang paling ideal, yang dimana TPA ini sudah memiliki fasilitas yang baik dalam pengolahan akhir sampah, dan telah terdapat pelapisan sampah dan penimbunan sampah secara rutin, serta pengolahan air lindi dan gas yang baik.

2.2 Air Lindi

Air lindi terbentuk ketika air (umumnya air hujan) merembes melalui tempat pembuangan limbah dan mengambil bahan organik dan anorganik dari ekstraksi fisik dan proses hidrolitik dan fermentasi. Lindi ini umumnya mengandung konsentrasi bahan organik terlarut dan ion anorganik. Air lindi dari TPA mengandung sejumlah besar senyawa, beberapa di antaranya dapat menimbulkan ancaman bagi kesehatan masyarakat dan kondisi alam sekitar jika dilepaskan ke lingkungan alam tanpa diolah terlebih dahulu. Diketahui bahwa bahan organik terlarut dalam lindi dapat menjadi racun terhadap Alga dan juga bakteri di alam (Baun *et al.*, 2000). Selain itu kandungan logam berat seperti Timbal (Pb), Besi (Fe), krom (Cr), Nikel (Ni), seng(Zn), dan Cadmium(Cd) yang dimana zat logam berat tersebut apabila terlepas langsung ke lingkungan dapat menyebabkan berbagai dampak negatif seperti berkurangnya kesuburan tanah, hingga terjadinya bioakumulasi pada hewan, tumbuhan, dan manusia. (Baun *et al.*, 2004). Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas dari air lindi yakni cuaca, komposisi sampah, umur sampah, dan jenis TPA (Andhikari *et al.*, 2008).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Renou, *et.al.*, 2009) diketahui bahwa karakteristik air lindi sangat beragam terutama pada landfill dengan umur yang berbeda, hal ini disebabkan karena pada masa awal landfill masih banyak bahan biodegradable yang mana mengakibatkan terjadinya proses fermentasi anaerobik secara cepat sehingga terbentuknya asam lemak volatil (VFA) yang terlepas ke udara. Semakin menua umur TPA maka jumlah bakteri methanogen juga akan semakin banyak yang kemudian mengconvert gas VFA yang ada di TPA menjadi biogas.

2.3 Bakteri Endofit dan Endogen

Secara istilah bakteri endofit dapat diartikan sebagai jenis bakteri yang mengkolonisasi bagian dalam tumbuhan (biasanya bagian akar) tanpa menyebabkan dampak yang merugikan pada tanaman inang atau bahkan dapat menjadi simbiosis mutualisme antar bakteri dan tanaman. Interaksi antara bakteri endofit dan tanaman, dapat dimanfaatkan sebagai salah satu cara dalam mengolah pencemaran tanah ataupun air. Pada interaksi antara tanaman dan bakteri endofit, tumbuhan memberikan tempat tinggal dan nutrisi bagi bakteri endofit. Sebaliknya, bakteri endofit menurunkan toksisitas dan evapotranspirasi polutan karena aktivitas degradasi polutannya. (Shezadi *et al.*, 2016). Dalam kaitannya dengan pemanfaatan tanaman sebagai media penyerap kontaminan, selain bakteri endofit juga terdapat jenis bakteri pengurai yang membantu tanaman untuk dapat mengurai bakteri dari bagian luar tanaman, bakteri ini disebut sebagai bakteri endogen. (Abedinzadeh *et al.*, 2019).

Secara istilah bakteri Endogen, merupakan jenis bakteri yang tumbuh atau membentuk koloni pada tanah ataupun air tempat suatu tanaman tumbuh. Dari hasil studi yang telah dilakukan sebelumnya diketahui bahwa kepadatan, jumlah spesies, serta aktivitas metabolisme mikroorganisme endogen secara signifikan lebih tinggi ketimbang mikroorganisme yang ada di tanah pada umumnya, yang kemudian fenomena ini disebut sebagai efek rizosfer. Akar tanaman yang menghasilkan eksudat berupa protein polisakarida, asam amino, dan asam organik, dapat menjadi sumber karbon serta nitrogen yang dapat dimanfaatkan oleh mikroba untuk dapat tumbuh dan berkoloni di dalam ataupun luar akar tanaman, Selain itu, eksudat akar juga mampu mempengaruhi jenis bakteri yang dapat tumbuh di dalam akar sehingga aspek ini juga dapat mempengaruhi nutrient removal pada wetland buatan (Ma *et al.*, 2021). Dari penelitian yang dilakukan oleh (Etesami *et al.*, 2018) diketahui bahwa bakteri endofit dan endogen dapat mengurangi dampak buruk dari logam berat untuk tanaman melalui beberapa mekanisme seperti bioakumulasi/bioabsorpsi, yang juga secara langsung dapat mengurangi dampak buruk logam berat pada lingkungan.

Dikarenakan sifat bakteri endogen dan endofit yang mampu menyerap logam berat, teknologi fitoremediasi menjadi salah satu solusi untuk dapat mengurangi paparan logam berat di lingkungan .(Abedinzadeh *et al.*, 2019). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Hardoim *et al.*, 2008) yang dimana tanaman dalam kondisi lingkungan yang ekstrem dapat tetap bertahan hidup dengan memanfaatkan bakteri endogen dan endofit yang dapat berkembang sesuai dengan kondisi lingkungan yang dialami, yang kemudian bakteri-bakteri ini dapat membantu meningkatkan daya tahan tanaman dari zat pencemar yang ada di lingkungan sekaligus dapat mengurangi zat pencemar tersebut dari lingkungan sekitar.

2.4 Biodiversitas

Pada lingkungan alami, mikroorganisme terdiri dari campuran populasi dari berbagai jenis mikroorganisme, baik itu pada tanah, air, udara, ataupun pada tubuh makhluk hidup lain. Untuk dapat mengetahui karakteristik dari masing-masing bakteri yang ada pada suatu lingkungan maka perlu dilakukan pemisahan bakteri, yang dapat dilakukan dengan metode isolasi serta pemurian. Isolasi bakteri yang dimaksud disini dapat diartikan sebagai proses mengambil bakteri di lingkungan kemudian menumbuhkan atau mengembangbiakannya di suatu medium tertutup sehingga diperoleh biakan yang murni. (Singleton *et al.*, 2006). Biodiversitas bakteri dapat dipengaruhi oleh beberapa aspek seperti jenis lahan, vegetasi yang ada, suhu, kontaminasi polutan, kadar garam, kondisi nutrient, dan beberapa variabel lingkungan lainnya. Sejauh ini belum ada penelitian yang menjelaskan secara spesifik bagaimana tiap variabel lingkungan tersebut bisa mempengaruhi biodiversitas bakteri di lingkungan, namun sama halnya dengan bagaimana persebaran hewan dan tanaman di muka bumi, persebaran jenis bakteri di muka bumi juga diyakini tersebar secara heterogen mengikuti kondisi lingkungan tempat bakteri tersebut tumbuh (Curtis *et al.*, 2002).

2.5 Pengolahan Air Lindi Dengan Fitoremediasi

Salah satu metode yang berpotensi dapat menurunkan kadar kontaminan air lindi dari tanah ialah dengan cara fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan metode untuk mengurangi tingkat kontaminan pada tanah baik itu dengan menyerap kandungan kontaminan melalui tanaman ataupun dengan menghilangkan kandungan kontaminan dengan bantuan bakteri endofit yang ada di tanaman (Stefanakis, 2019). Metode ini dapat digunakan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan berbagai jenis kontaminan, mulai dari logam berat, TDS, dan zat kimia berbahaya. Beberapa contoh tanaman yang dapat digunakan untuk fitoremediasi seperti *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes*, dan *Scirpus acutus*, yang mana dapat mengurangi kontaminan berupa kekeruhan (5,5%), TDS (33,7%), dan Cl (93,1%) (Wibowo Y.G et.al, 2023). dalam fitoremediasi, bakteri memegang peranan yang cukup penting dalam menyerap dan/atau mendegradasi kandungan kontaminan yang ada di air lindi (Glick, 2010). Alasan kenapa beberapa tanaman tersebut dapat menyerap kontaminan seperti metal ialah karena beberapa logam seperti Cu dan Zn memiliki fungsi penting dalam proses metabolisme mikroba yang dapat tumbuh pada akar tanaman tersebut ((Morella *et al.*, 2020).

Terdapat beberapa bentuk penghilangan zat kontaminan inorganik dari tanah yang dapat terjadi melalui proses fitoremediasi, yang diantaranya seperti ekstraksi dari tanaman, penyerapan, dan pengonsentrasian zat inorganik pada akar tanaman, (Glick, 2003). Dalam fitoremediasi keberagaman mikroorganisme merupakan salah satu hal terpenting yang dapat mempengaruhi keberhasilan proses detoksifikasi kontaminan logam, hal ini dikarenakan dari proses pelepasan beberapa sinyal molekul, dan juga metabolisme sekunder selama proses remediasi (Sharma, 2021). Walau demikian pengolahan kontaminan pada tanah dengan fitoremediasi memiliki beberapa kelemahan, seperti biayanya yang terbilang tinggi, kurang efektif apabila jumlah kontaminannya kecil, serta perubahan dari sifat biologis, serta fisika-kimia, yang dapat berpengaruh pada kerusakan lingkungan (DalCorso *et al.*, 2019).

2.6 Reaktor Batch

Proses batch merupakan sebuah sistem pengolahan air dimana air yang hendak diolah dimasukkan pada awal proses dan produk dikeluarkan pada akhir proses, yang dimana proses pengelolaan berjalan secara tidak kontinu. Dalam proses ini, semua air yang hendak diolah di awal proses tidak ada penambahan atau pengeluaran ketika proses berlangsung. Proses batch cocok untuk produksi skala kecil (Fogler, 1986). Kekurangan dari reaktor model ini ialah metode pengolahan dengan reaktor ini cenderung sulit untuk dapat mengatur suhu pada reaktor, selain itu reaktor jenis ini juga tidak terlalu produktif, dikarenakan waktu tinggal untuk tiap pengolahan terbilang lebih lama ketimbang jenis reaktor kontinu.

2.7 Studi Terdahulu

Berikut beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan Identifikasi Biodiversitas bakteri Endofit dan Endogen Potensial dari tanah dan akar tanaman di TPA Piyungan :

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Judul penelitian	Penulis	Hipotesa
<i>Ecology of bacterial endophytes associated with wetland plants growing in textile effluent for pollutant degradation and plant growth – promotion potentials</i>	(Shehzadi <i>et al.</i> , 2016)	- Bakteri endofit dan endogen yang didapat dari tanah dan akar serta tunas tanaman dapat dimanfaatkan untuk mengolah limbah tekstil yang banyak mengandung COD, warna dan TDS.

Judul penelitian	Penulis	Hipotesa
<i>Characterization of rhizosphere and endophytic bacteria from roots of maize (ZeamaysL.) plant irrigated with wastewater with biotechnological lpotential in agriculture</i>	(Abedinzadeh <i>et al.</i> , 2019)	- Bakteri endofit dan endogen yang didapat dari sampel tanah dan akar tanaman jagung yang diairi dengan limbah industry dan domestic dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan daya tahan tanaman terhadap logam berat.
<i>Bioremediation of Landfill Leachate Using Isolated Bacterial Strains</i>	(Morris <i>et al.</i> , 2018)	- Bakteri yang didapat dari air lindi dapat digunakan untuk bioremediasi limbah lindi yang dapat mengolah beberapa kandungan pencemar seperti ammonia, fosfor, dan nitrat
<i>Characterization of microbial populations in landfill leachate and bulk samples during aerobic bioreduction</i>	(Boothe <i>et al.</i> , 2001)	- Terdapat banyak jenis bakteri yang dapat tumbuh dan berkembang di sampel air lindi yang diambil dari, TPA di atlanta Georgia amerika serikat, dalam penelitian ini bakteri-bakteri yang didapat dari air lindi ditumbuhkan dalam sel uji TPA, untuk menguji karakteristik bakteri (jumlah bakteri, spesiies, dan pemanfaatan substrat) yang bertujuan untuk memantau

Judul penelitian	Penulis	Hipotesa
		<p>peran bakteri yang ada selama proses remediasi air lindi.</p>
<p><i>Microbial characterization during aerobic biological treatment of landfill leachate (Tunisia)</i></p>	<p>(Yahmed <i>et al.</i>, 2009)</p>	<p>- Air lindi mengandung banyak bahan yang bersifat biodegradable, sehingga memungkinkan pengolahan air limbah dengan memanfaatkan beberapa jenis bakteri seperti <i>Actinomycetes</i>, <i>Bacillus</i>, <i>Pseudomonas</i> dan <i>Burckholderia</i>.</p>

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

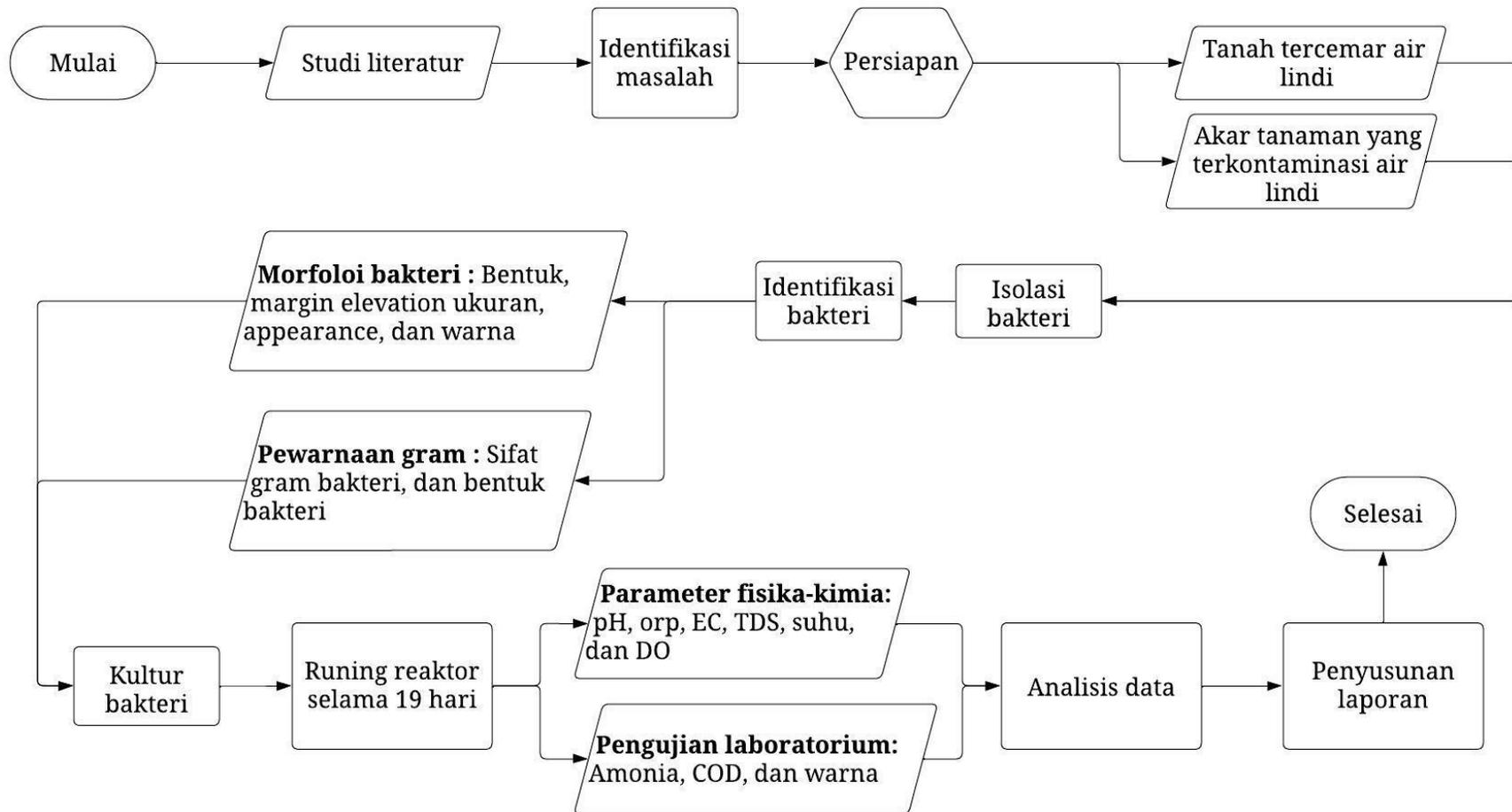
Penelitian ini dimulai pada bulan maret 2023 hingga bulan September 2023. Sampel yang digunakan untuk penelitian ini diambil dari TPA Piyungan, yang selanjutnya dilakukan pengujian pada Lab Bioteknologi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, untuk menumbuhkan bakteri dari sampel dan menguji kemampuan bakteri tersebut dalam mengolah air lindi.

3.2 Alat dan Bahan

Berikut merupakan alat, bahan, serta instrument yang digunakan untuk pelaksanaan dalam proses penelitian identifikasi bakteri endogen dan endofit untuk mengolah air lindi. Alat yang digunakan berupa : gelas beaker 250 ml, 500 ml, dan 1000 ml, gelas arloji, hot plate, pipet ukur 5 ml dan 10 ml, corong kaca, kertas whatman nomor 42, Labu ukur 10 ml, 25 ml, dan 100 ml, botol vial, Erlenmeyer 100 ml, 250ml dan 500 ml, Cawan petri, Tabung reaksi, Jarum ose, mesin centrifuge , spektrofotometri atom resapan (AAS), serta bahan seperti air lindi, media natrium agar, luria-bertani agar serta, media natrium broth dan juga akuades.

3.3 Alur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan sumber isolat bakteri *endogen* dan *endofit* yang didapat dari sampel tanah dan akar tanaman di sekitar area unit pengolahan air lindi TPA Piyungan. Bakteri hasil isolasi dari isolat tersebut, selanjutnya dimurnikan dan digunakan sebagai agen bioremediasi untuk mengolah air lindi dari TPA Piyungan. Tahapan Penelitian ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

3.3 Isolasi Bakteri

a. Sumber isolat

Isolat bakteri pada penelitian ini berupa bakteri endogen yang didapat dari sampel tanah yang diambil didekat outlet air lindi pada instalasi pengolahan air lindi di TPA Piyungan. Sementara bakteri endofit yang diambil untuk sampel didapat dari tanaman bayam raja (*Amaranthus viridis*) yang tumbuh di dekat outlet IPAL TPA piyungan dan tanaman rumput belulang (*Eleusine indica*) yang tumbuh di dekat bak ekualisasi pada IPAL TPA Piyungan.



(A)



(B)



(C)

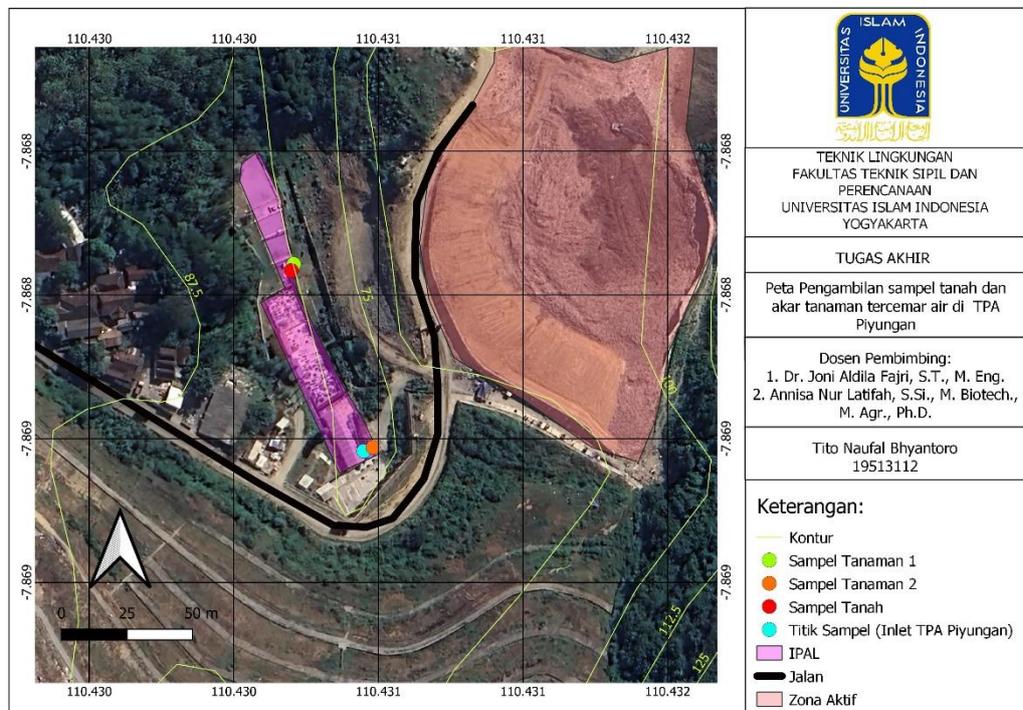


(D)

Gambar 3. 2 (A) Pengambilan sampel akar Tanaman *Amaranthus Viridis* dari TPA Piyungan, (B) Pengambilan sampel *Eleusine indica* dari TPA Piyungan, (C) Tanaman *Amaranthus Viridis*, (D) Tanaman *Eleusine indica*

b. Sampling

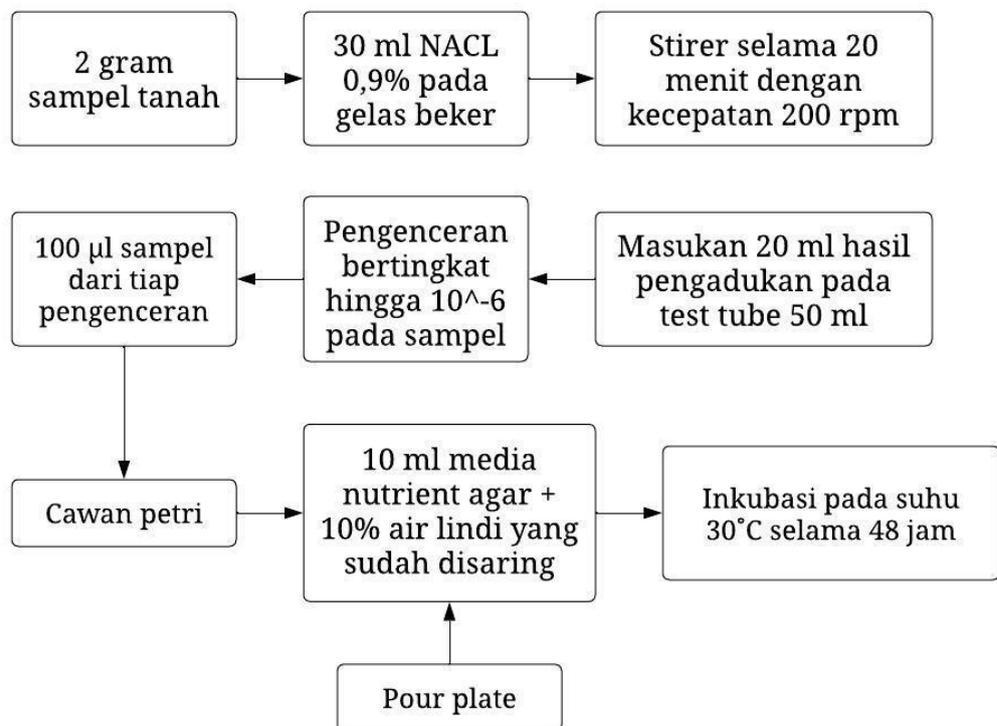
Sampel penelitian berasal dari tanah dan akar tanaman yang ada di sekitar instalasi pengelolaan air lindi di TPA Piyungan. Sampel tanah diambil dengan sekop pada kedalaman 5-10 cm pada 2 titik sampling di dekat outlet air lindi TPA Piyungan. Sementara untuk sampel tanaman diambil dengan menggali tanaman hingga ke akar kemudian memotong sebagian dari akar tanaman untuk dijadikan sampel. Sampel yang didapat selanjutnya disimpan menggunakan wadah zipper lock, yang dimasukkan ke dalam icebox. Untuk lokasi pengambilan sampel untuk penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Peta Titik pengambilan Sampel Penelitian

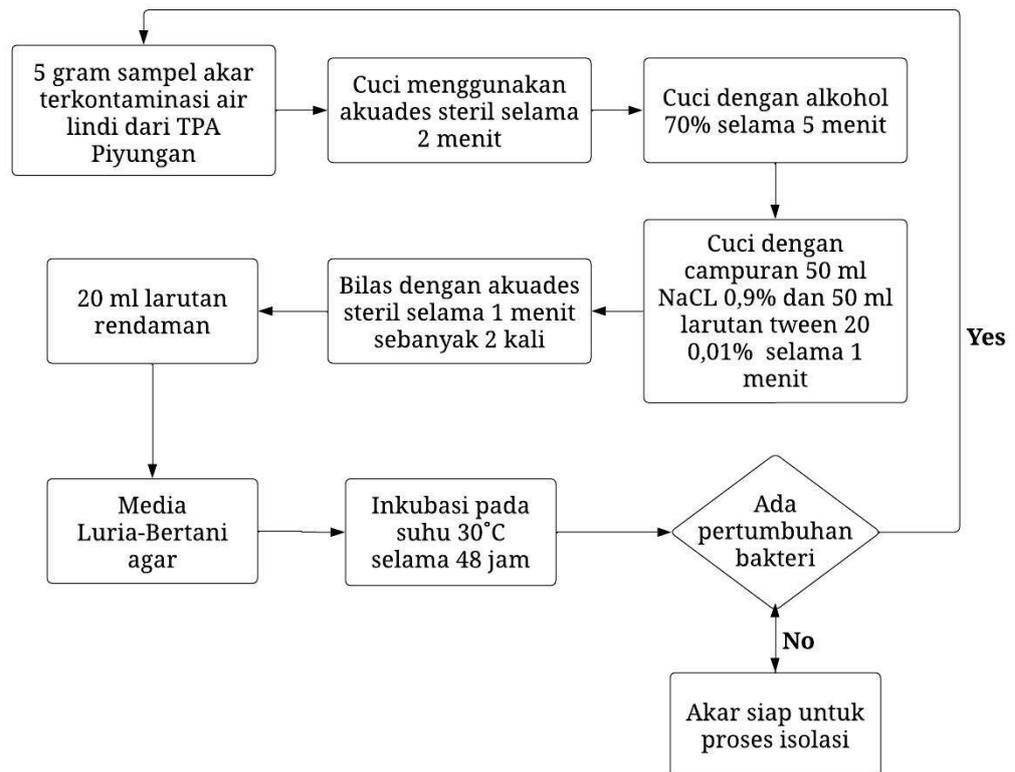
c. Isolasi bakteri

Isolasi bakteri dimulai dengan mempersiapkan sampel untuk diisolasi, pada sampel tanah, sampel yang didapat akan diekstraksi terlebih dahulu dengan memasukkan 2 gram sampel tanah ke dalam 30 ml NaCl 0,9%, yang akan dilanjutkan dengan proses isolasi bakteri dari sampel yang sudah di siapkan (Shehzadi *et al.*, 2016). Untuk tahapan ekstraksi tanah TPA dapat dilihat Pada gambar 3.4 .



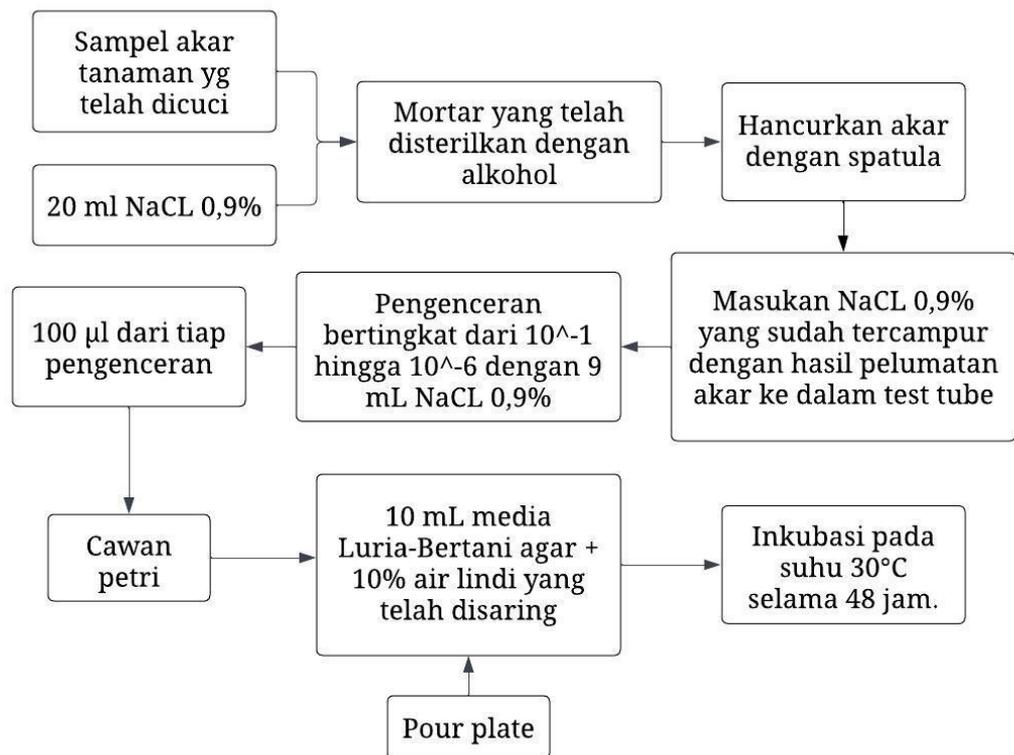
Gambar 3. 4 Tahap Ekstraksi dan Isolasi Bakteri *Endogen* dari Sampel Tanah TPA Piyungan

Untuk sampel akar tanaman, sebagian sampel akar akan diambil yang kemudian dicuci menggunakan aquades steril selama 2 menit diikuti dengan proses sterilisasi menggunakan alkohol 70% selama 10 menit dilanjutkan dengan pencucian 1 menit dalam NCl 0,9% yang dicampur dengan larutan 0,01% Tween 20 kemudian diakhiri dengan pencucian akhir menggunakan aquades steril sebanyak 2 kali selama 1 menit (Shehzadi *et al.*, 2016). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 3.5 .



Gambar 3. 5 Tahap Pencucian dan Pengujian Akar Tanaman *Amaranthus viridis* dan *Eleusine indica* dari TPA Piyungan

Selanjutnya akar yang telah disiapkan akan dihomogenkan dengan 20 ml larutan NaCl 0,9% , sembari dihancurkan menggunakan spatula steril, untuk menjadi sampel yang akan digunakan pada proses isolasi. Larutan hasil pelumatan akar selanjutnya diencerkan hingga 10^{-6} dengan 9 ml NaCL 0,9%, yang kemudian diambil sebanyak 100 mikroliter pada tiap pengenceran, yang masing-masing sampel selanjutnya dimasukkan ke dalam cawan petri secara duplo, yang selanjutnya cawan yang sudah diberi larutan hasil pengenceran selanjutnya dituangkan media LB (Luria-Bertani) yang sudah dicampur dengan 10% sampel air lindi secara Pourplate sebanyak kurang lebih 10 ml. Selanjutnya cawan yang sudah diberi media diinkubasi pada suhu 30°C selama 48 jam. (Shehzadi *et al.*, 2016). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 3.6 .



Gambar 3. 6 Tahap Isolasi Bakteri Sampel Akar Tanaman *Amaranthus viridis* dan *Eleusine indica* dari TPA Piyungan

3.4 Prosedur Identifikasi Bakteri

Identifikasi bakteri dilakukan melalui 2 cara, yakni pengamatan morfologi dan pewarnaan gram,. Pengamatan secara morfologi dilakukan dengan mengamati koloni bakteri yang terbentuk dari hasil isolasi bakteri dan mengidentifikasi beberapa karakteristik dari tiap koloni yang terbentuk, beberapa karakteristik bakteri yang diamati antara lain ; bentuk koloni, margin, elevation, ukuran , warna , dan appearance. Acuan yang digunakan dalam pengamatan morfologi mengikuti (ATTC, 2021) , untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.7 .

Shape						
	Filamentous	Spindle	Irregular	Circular	Rhizoid	
Margin						
	Entire	Undulate	Lobate	Curled	Rhizoid	Filamentous
Elevation						
	Flat	Raised	Convex	Pulvinate	Umbonate	
Size						
	Punctiform	Small	Moderate	Large		
Apperance	Glistening or dull					
Optical property	Transparent, translucent, or opaque.					
Texture	Rough, smooth, mucoid, butyrous, or dry					
Pigmentation	Nonpigmented (e.g. cream, white) Pigmented (e.g. yellow, blue, pink)					

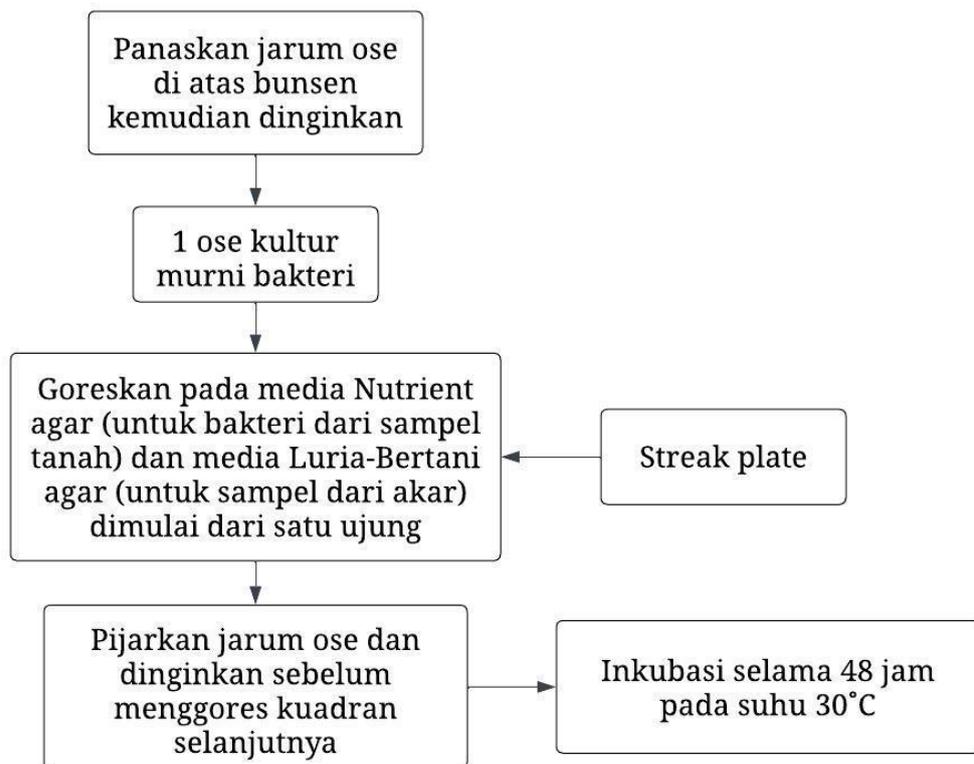
Gambar 3. 7 Karakteristik Morfologi Koloni Bakteri Menurut ATTC

(Source : <https://www.atcc.org/resources/culture-guides/introduction-to-microbiology>)

Beberapa bakteri dengan karakteristik warna dan bentuk yang berbeda kemudian dipilih untuk dimurnikan untuk diamati lebih lanjut sifat gramnya, dengan melakukan pewarnaan gram, untuk mengetahui bentuk dan sifat gram dari bakteri yang dipilih,

a. Pemurnian bakteri

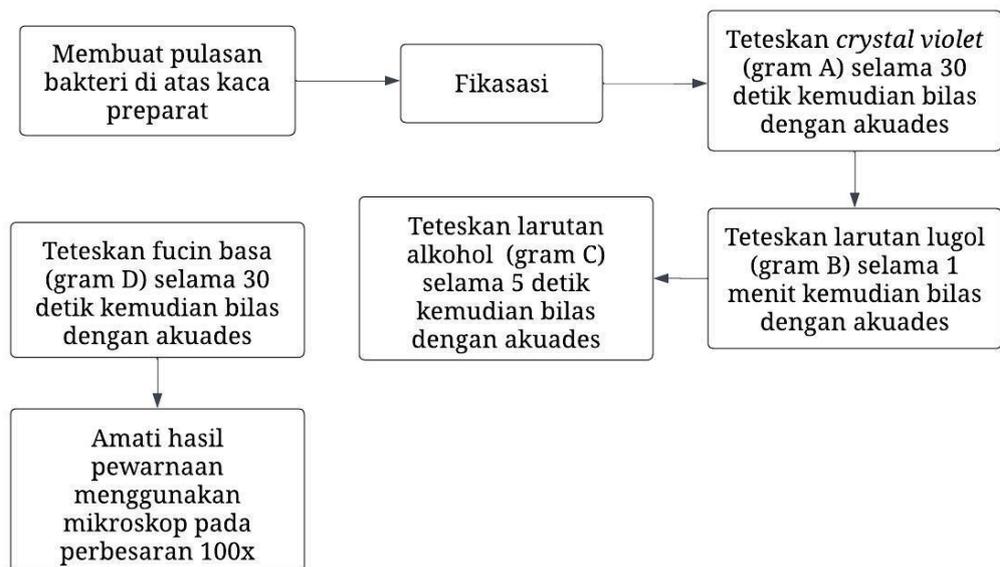
Pemurnian bakteri dilakukan dengan menumbuhkan koloni bakteri terpilih pada cawan petri baru, yang dilakukan dengan tujuan agar didapati kelompok koloni murni dari jenis bakteri yang dipilih. Proses pemurnian bakteri dilakukan dengan metode streak plate, dan ditumbuhkan pada media nutrient agar (bakteri dari sampel tanah), dan media Luria-Bertani agar (bakteri dari sampel akar tanaman) yang kemudian di inkubasi selama 48 jam pada suhu 30°C. Hasil dari proses ini selanjutnya diamati untuk dapat mendeskripsikan shape, margin, elevation, size, apperance,dan warna dari bakteri yang didapat (ATTC, 2021), untuk tahapan pemurnian bakteri dapat dilihat pada gambar 3.8 .



Gambar 3. 8 Tahap Pemurnian Bakteri *Endogen* dan *Endofit* dari Sampel Tanah dan Akar Tanaman *Amaranthus viridis* dan *Eleusine indica* dari TPA Piyungan

b. Pewarnaan gram

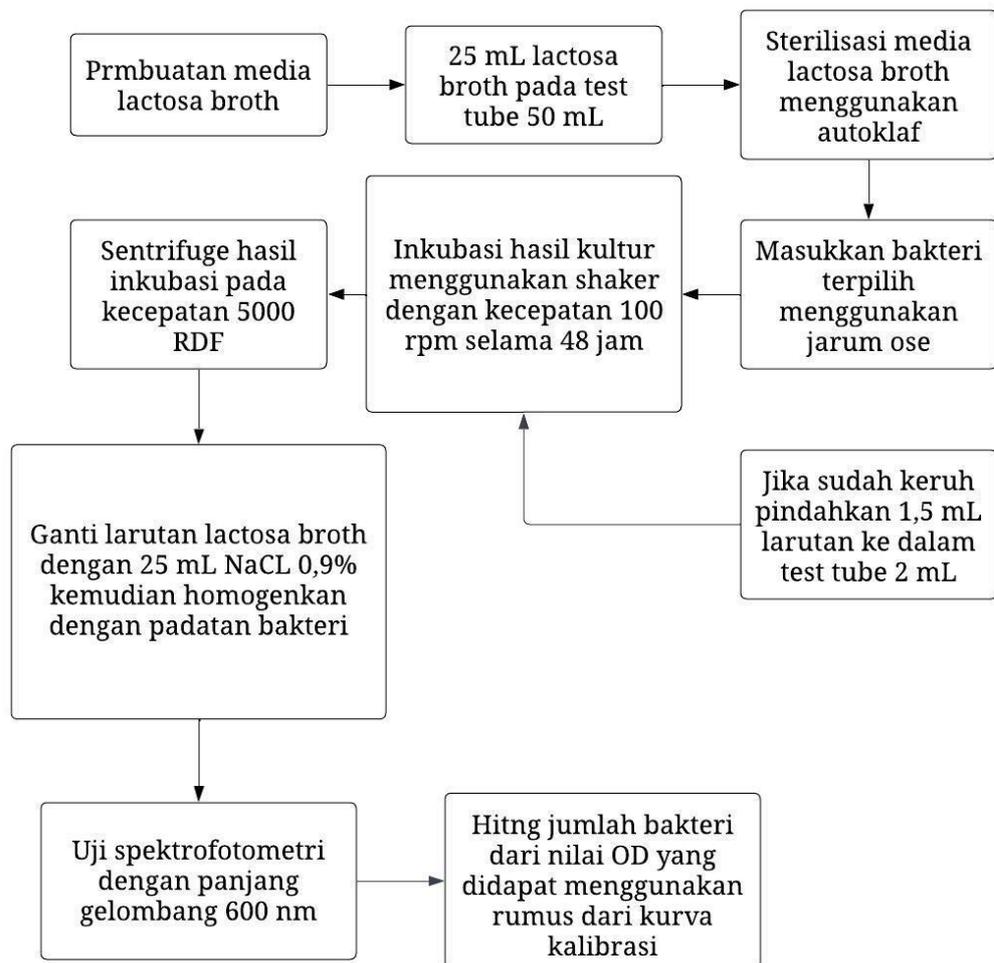
Pewarnaan gram dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat gram dan bentuk bakteri terpilih. Reagen yang digunakan pada pewarnaan gram ada 4 jenis yaitu kristal violet, iodine, alkohol dan safranin. Bakteri gram positif akan mempertahankan warna ungu dari kristal violet sehingga ketika diamati mikroskop akan menunjukkan warna ungu sedangkan bakteri gram negatif tidak dapat mempertahankan warna ungu dari kristal violet, tetapi zat warna safranin dapat terserap pada dinding sel sehingga akan memperlihatkan warna merah (Endah Pratita et.al, 2012). Pewarnaan gram dimulai dengan menggunakan jarum ose untuk menyebarkan bakteri di atas kaca preparat yang difiksasi di atas nyala api lalu ditetaskan dengan larutan violet (gram A), lugol (gram B), dan didekolorasi dengan larutan etanol (gram C) serta tahap terakhir dengan meneteskan safranin (gram D) yang kemudian hasil pewarnaan dilihat melalui mikroskop (Shehzadi *et al.*, 2016). Untuk lebih jelas proses pewarnaan gram dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 3.9 .



Gambar 3. 9 Tahap Pewarnaan Gram Bakteri Endogen dan Endofit dari Sampel Tanah dan Akar Tanaman *Amaranthus viridis* dan *Eleusine indica* dari TPA Piyungan

c. Kultur bakteri

Bakteri terpilih yang didapat dari proses sebelumnya selanjutnya akan diperbanyak dan ditumbuhkan pada media cair dengan menumbuhkan inokulum bakteri pada media Lactosa broth menggunakan shaker dengan kecepatan 100 rpm selama 24 jam. Setelah media keruh, bakteri akan di sentrifugasi dengan kecepatan 5000 RDF selama 10 menit, kemudian diresuspensi dengan NaCl 0,9% steril. Untuk selanjutnya diukur jumlah bakteri yang berhasil dikultur dengan menggunakan spektrofotometri. (Shehzadi *et al.*, 2016). Untuk tahapan kultur bakteri dapat dilihat pada gambar 3.10 .



Gambar 3. 10 Tahap Kultur dan Perhitungan Jumlah Bakteri *Endogen* dan *Endofit* dari Sampel Tanah dan Akar Tanaman *Amaranthus viridis* dan *Eleusine indica* dari TPA Piyungan

3.5 Runing Reaktor

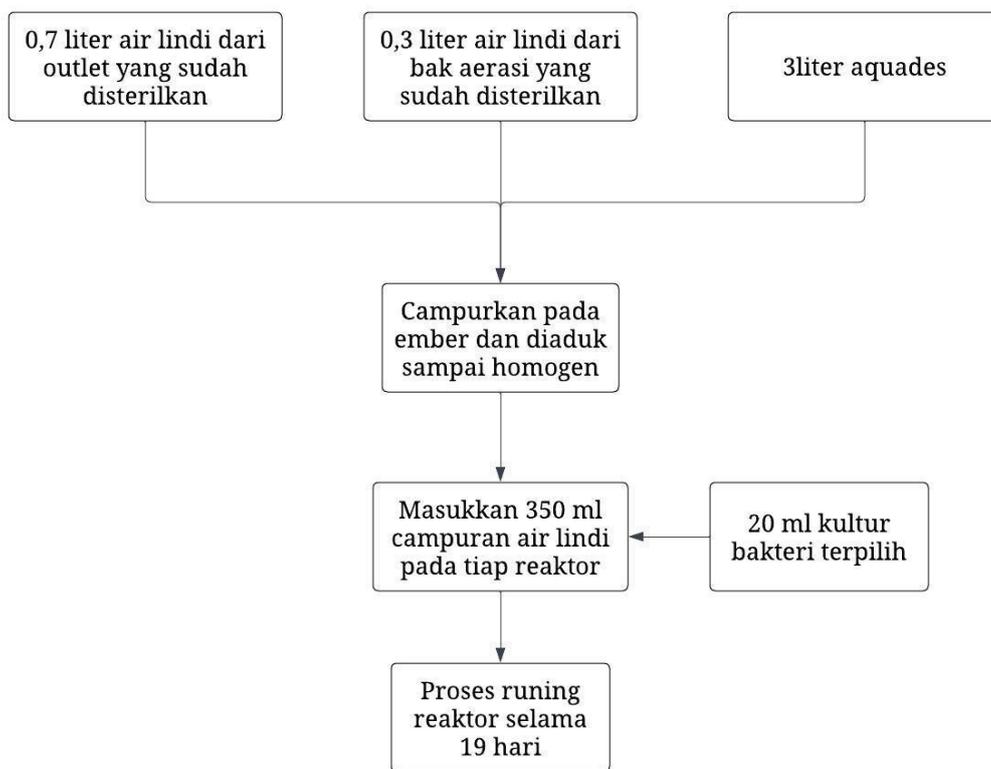
a. Persiapan Reaktor

Reaktor yang digunakan dalam proses ini berupa toples kaca dengan diameter 9,5 cm dan tinggi 12,5 cm yang akan diisi dengan air lindi pengenceran 25% sebanyak 350 ml yang dijalankan secara batch dan bakteri yang sudah dikultur sebanyak 20 ml . Air lindi yang digunakan merupakan campuran dari air lindi yang diambil pada outlet, dan juga bak aerasi yang kemudian dicampur, dan diencerkan. Pengenceran perlu dilakukan untuk mencegah bakteri yang dimasukkan ke reaktor mati karena konsentrasi zat pencemar yang terlalu tinggi pada air lindi. Sementara itu untuk ukuran reaktor dan juga jumlah bakteri yang digunakan didasarkan pada penelitian dari (Shehzadi *et al.*, 2016), dimana pada penelitiannya menggunakan wadah plastik dengan volume 1,5 L yang 2/3 dari wadah tersebut diisi dengan campuran dari tanah, pasir, dan kerikil untuk mensimulasikan kondisi wetland. Dikarenakan pada penelitian ini tidak digunakan tanaman dalam proses running reaktor maka bagian yang berisi campuran tanah, pasir, dan kerikil dihilangkan sehingga hanya menggunakan air limbah yang dicampur dengan bakteri, dan sama seperti yang dilakukan shezadi, jumlah bakteri yang dimasukkan ke dalam reaktor juga sebanyak 20 ml yang dimana sebelum dimasukkan ke reaktor, jumlah bakteri akan di cari terlebih dahulu dengan pengujian OD pada spektrofotometri untuk mengetahui jumlah bakteri yang dimasukkan ke tiap reaktor. Untuk jumlah dari bakteri yang diuji pada reaktor dapat dilihat pada tabel 3.1 .

Tabel 3. 1 Jumlah Bakteri Endofit atau Endogen Pada Tiap Reaktor

No	Sampel	Jumlah Bakteri (CFU/ml)
1	T1	$4,6 \times 10^4$
2	T2	$9,6 \times 10^3$
3	T3	$3,9 \times 10^3$
4	T4	$1,4 \times 10^5$
5	T5	$1,2 \times 10^5$
6	T6	$6,3 \times 10^4$
7	A1	$5,4 \times 10^3$
8	A2	$2,9 \times 10^4$
9	A3	$2,9 \times 10^4$
10	A4	$1,1 \times 10^4$

Air lindi yang digunakan untuk mengisi reaktor berasal dari outlet dan bak a erasi unit pengolahan air lindi TPA Piyungan, yang telah disterilkan kemudian dicampurkan serta diencerkan dengan akuades dengan perbandingan 1:4. Jumlah reaktor yang digunakan sebanyak 11 buah, dengan 6 reaktor untuk bakteri endogen, 4 untuk bakteri endofit, dan 1 untuk control, Untuk tahap persiapan reaktor dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Tahap Persiapan Reaktor Pengujian

Reaktor yang digunakan akan diletakkan di dalam rumah kaca untuk running selama 19 hari. Pengambilan data fisik seperti pH, suhu, TDS, EC, dan ORP dilakukan setiap hari di rumah kaca pada kisaran pukul 08:00-10.00. sementara pengambilan data DO dan juga pengambilan sampel air reaktor untuk pengujian kadar amonia, COD, dan warna dilakukan satu minggu sekali, atau lebih tepatnya pada hari ke, 0, 5, 11, dan 19 runing reaktor. Untuk kondisi reaktor yang digunakan pada penelitian pada rumah kaca dapat dilihat pada gambar 3. 12 berikut ini :



Gambar 3. 12 Penampakan Reaktor

b. Proses Running Reactor

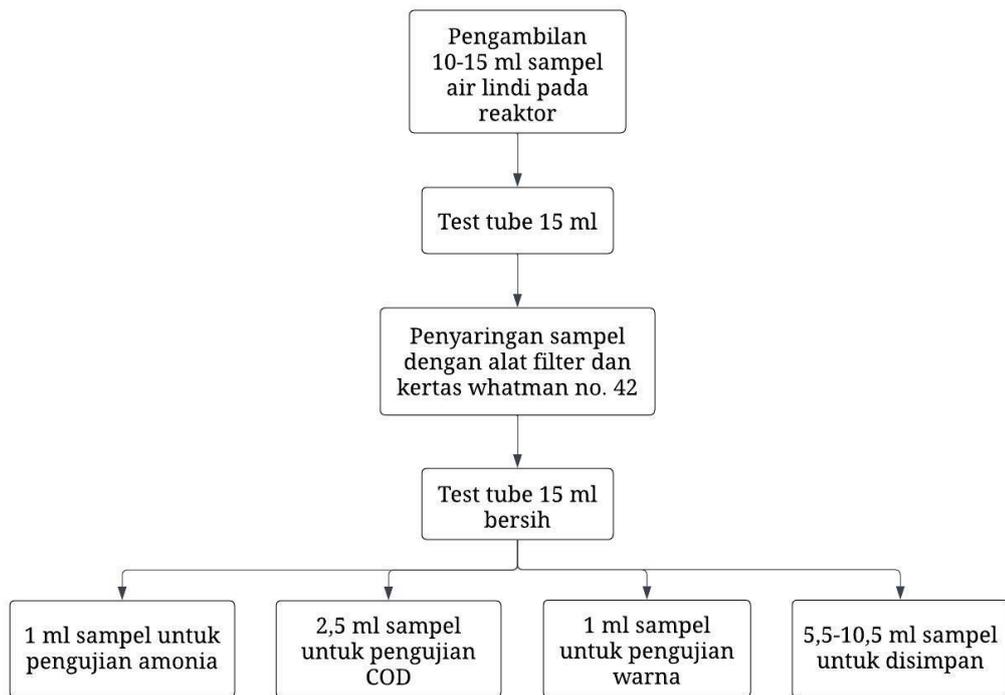
Terdapat 11 reaktor yang running dalam penelitian ini, reaktor berjalan secara batch dan waktu running reaktor adalah 19 hari. Terdapat 6 reaktor untuk bakteri endogen terpilih, 4 reaktor untuk bakteri endofit terpilih, dan 1 reaktor untuk kontrol. Pengambilan sampel akan dilaksanakan pada hari ke 5. ke-11, dan ke-18.

Tabel 3. 2 Perlakuan pada Reaktor Pengujian

Kode Reaktor	Komposisi Reaktor
Kontrol	Campuran air lindi
T1	Campuran air lindi + Kultur bakteri 1
T2	Campuran air lindi + Kultur bakteri 4
T3	Campuran air lindi + Kultur bakteri 7
T4	Campuran air lindi + Kultur bakteri 8
T5	Campuran air lindi + Kultur bakteri 15
T6	Campuran air lindi + Kultur bakteri 16
A1	Campuran air lindi + Kultur bakteri B
A2	Campuran air lindi + Kultur bakteri D
A3	Campuran air lindi + Kultur bakteri F
A4	Campuran air lindi + Kultur bakteri G

3.6 Pengambilan dan Penyiapan Sampel Uji (Amonia, COD, Warna)

Pengambilan sampel pada tiap reaktor dilakukan pada hari ke 5, 11, dan 19 ruing reaktor. Pengambilan sampel ini dilakukan dengan menggunakan pipet ukur 10 ml untuk mengambil 10-15 ml sampel air lindi pada tiap reaktor, yang kemudian disimpan di dalam testtube 15 ml untuk selanjutnya dilakukan proses penyiapan sampel. Sebelum dilakukan pengujian untuk mengetahui kadar amonia, COD, dan warna dari tiap reaktor yang ada, sampel air lindi yang ada di reaktor perlu untuk disiapkan terlebih dahulu melalui proses penyaringan sampel air lindi dari tiap reaktor menggunakan alat filter dan kertas whatman no 42, untuk memisahkan air lindi dengan padatan yang terbentuk pada dasar reaktor yang bisa ikut terambil pada saat pengambilan sampel uji dari reaktor, hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kesalahan dalam data kadar amonia, COD, ataupun warna yang dapat disebabkan karena adanya padatan yang dapat mengganggu proses pengujian pada spektrofotometer. Untuk lebih jelasnya proses pengambilan dan pengujian sampel dapat dilihat pada gambar 3. 13 .



Gambar 3. 13 Prosedur Pengambilan dan Penyiapan Sampel Air Reaktor

3.7 Pengujian Kemampuan Bakteri

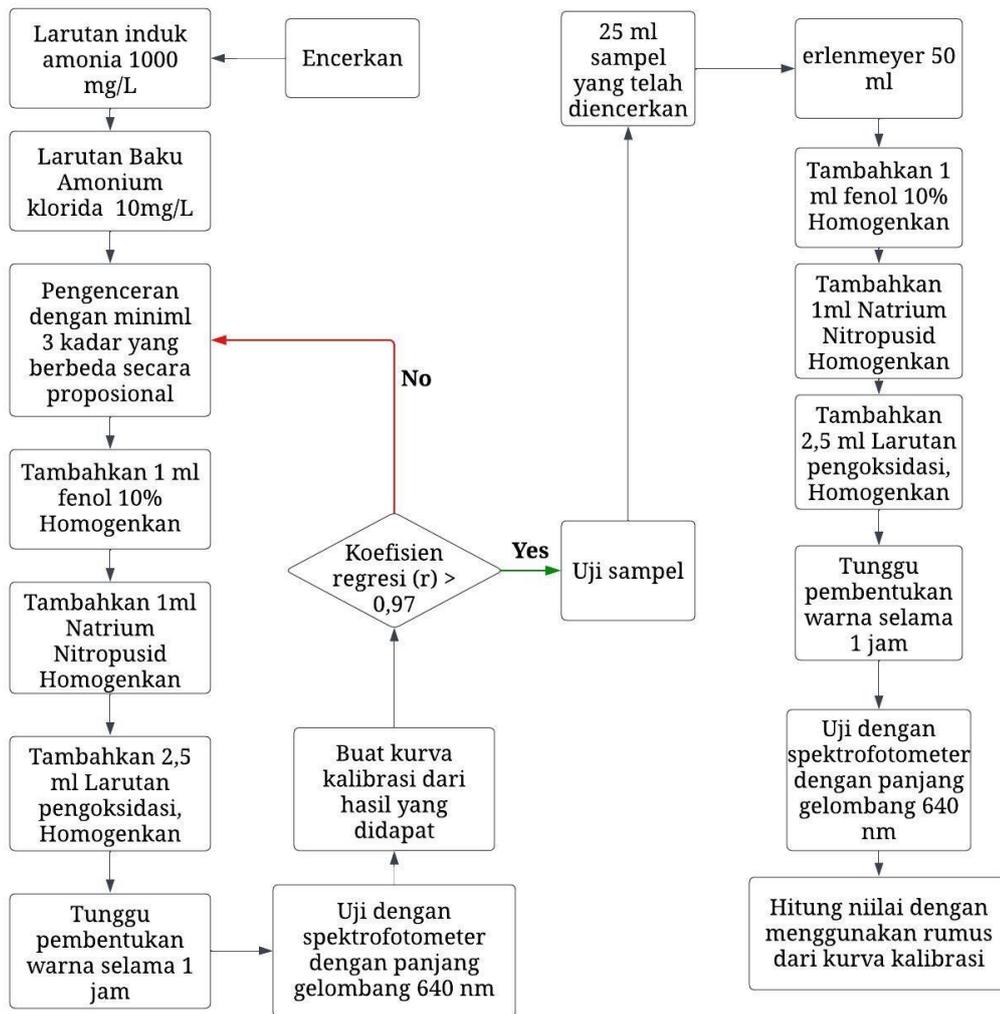
Beberapa parameter yang diukur pada penelitian ini antara lain berupa suhu, pH, TDS, EC, dan, MV, yang diukur setiap hari dan kandungan DO, yang diukur setiap minggu. Staemenra itu untuk kadar amonia, COD, dan warna akan diuji setiap minggu di laboratorium. Untuk metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3. 3.

Tabel 3. 3 Metode Pengujian

Parameter	Unit	Metode
COD	mg/L	SNI 06-6989.30-2005
Amonia	mg/L	SNI 6989.2:2009
Warna	Pt-co	SNI 6989.80-2011
Suhu	°C	Menggunakan multiparameter water tester
EC	mS/cm	Menggunakan multiparameter water tester
TDS	ppm	Menggunakan multiparameter water tester
ORP	mV	Menggunakan pH meter
pH	-	Menggunakan pH meter
DO	ppm	Menggunakan DO meter

a. Metode Pengujian Ammonia

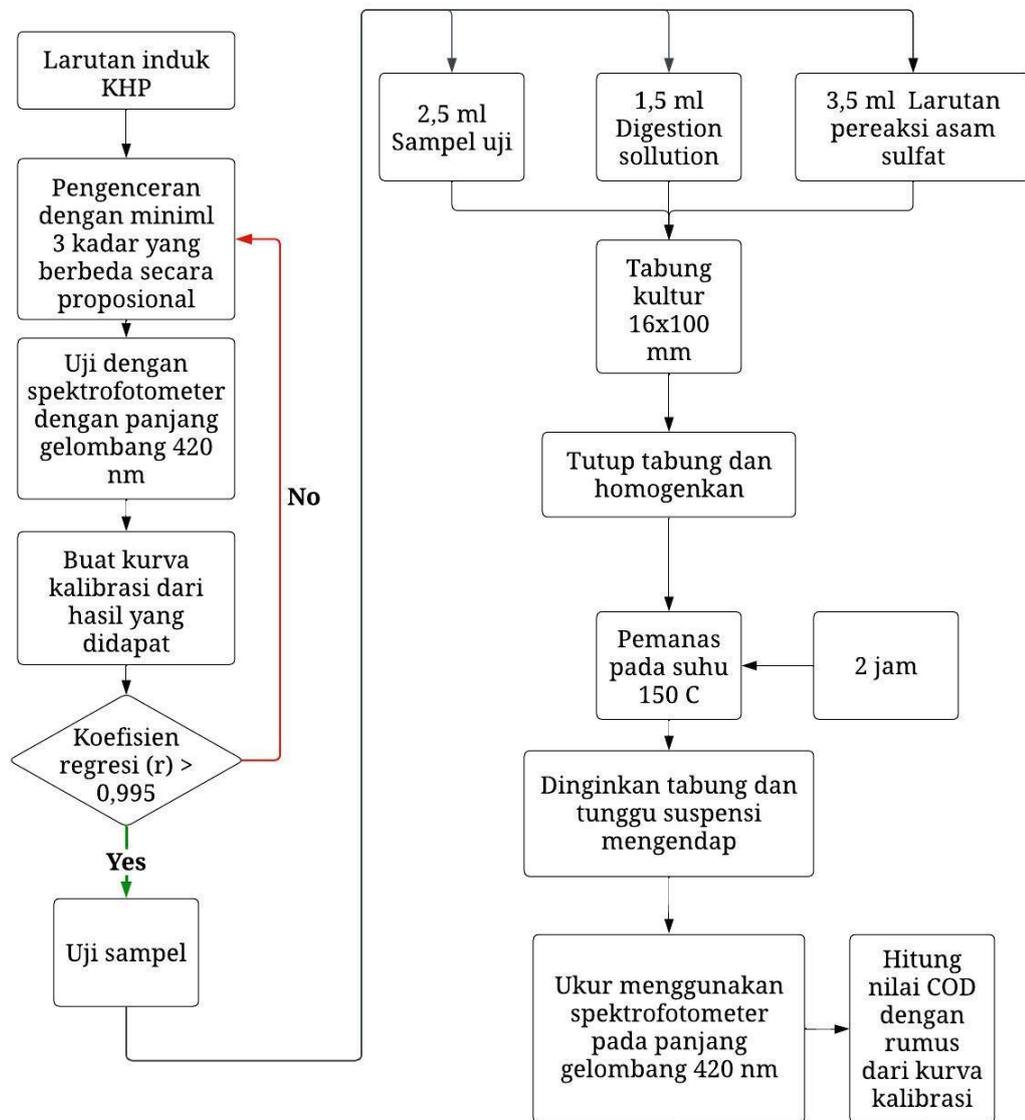
Pengujian kadar ammonia pada penelitian ini didasarkan pada SNI 06-6989.30-2005. Pengujian ini ditujukan untuk melihat perubahan kadar amonia yang terjadi pada tiap reactor yang diuji. Untuk metode Pengujian kadar ammonia yang dilakukan dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 3.14 .



Gambar 3. 14 Diagram Alir Pengujian Amonia

b. Metode Pengujian Kadar COD

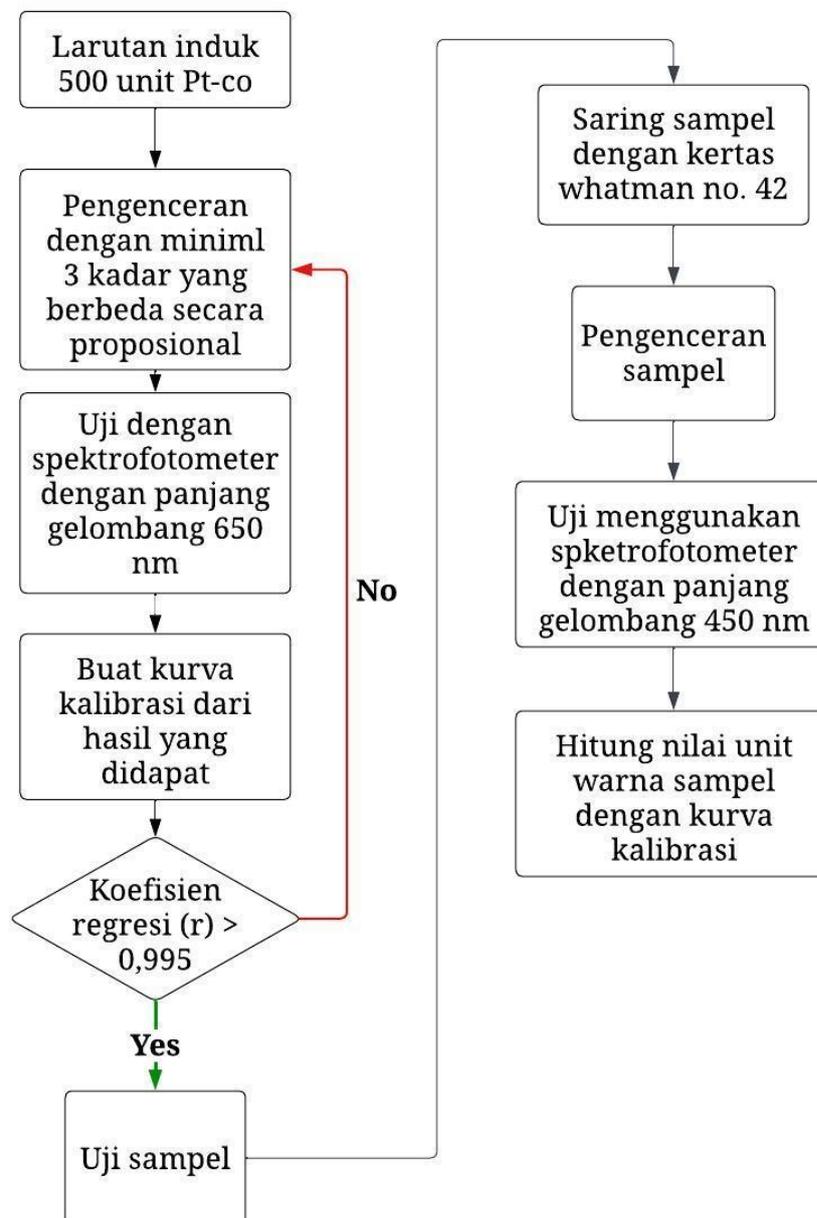
Pengujian kadar COD pada penelitian ini didasarkan pada SNI 6989.2:2009. Pengujian ini ditujukan untuk melihat perubahan kadar COD yang terjadi pada tiap reactor yang telah ditambahkan bakteri pilihan hasil kultur dari sampel tanah dan akar tanaman tiap minggunya. Untuk metode Pengujian kadar COD yang dilakukan dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 3.15 .



Gambar 3. 15 Diagram Alir Pengujian COD

c. Metode Pengujian Kadar Warna

Pengujian kadar warna pada penelitian ini didasarkan pada SNI 6989.80. Pengujian ini ditujukan untuk melihat perubahan kadar warna yang terjadi pada tiap reactor yang telah ditambahkan bakteri pilihan hasil kultur dari sampel tanah dan akar tanaman tiap minggunya. Untuk metode Pengujian kadar warna yang dilakukan dapat dilihat pada diagram pada gambar 3.16 .



Gambar 3. 16 Diagram Alir Pengujian Warna

3.8 Analisis Data

Berdasarkan hasil pengujian kandungan amonia, COD, dan warna, yang dilakukan selama 19 hari masa running reaktor. Kemampuan bakteri terpilih yang diuji akan dianalisis, untuk menilai apakah bakteri terpilih yang digunakan pada reaktor, mampu untuk mengurangi kadar amonia, COD, ataupun warna dari air lindi yang hasilnya akan dibandingkan sesuai dengan nilai baku mutu yang berlaku.

Kadar amonia, COD, dan warna, akan diambil setiap minggu, kemudian dibandingkan hasil dari tiap parameter tiap minggunya untuk mengetahui apakah terjadi penurunan atau kenaikan dari parameter tersebut selama masa running reaktor. Setelah data dari tiap parameter sudah diambil selama masa running reaktor (19 hari), data dari tiap parameter yang didapat kemudian akan dimasukkan ke dalam grafik untuk dapat mengetahui apakah terjadi penurunan atau kenaikan kadar dari parameter tersebut. Sementara itu untuk mengetahui keefektifan dari bakteri terpilih yang digunakan maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Persentase Removal} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}}$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Bakteri Dominan

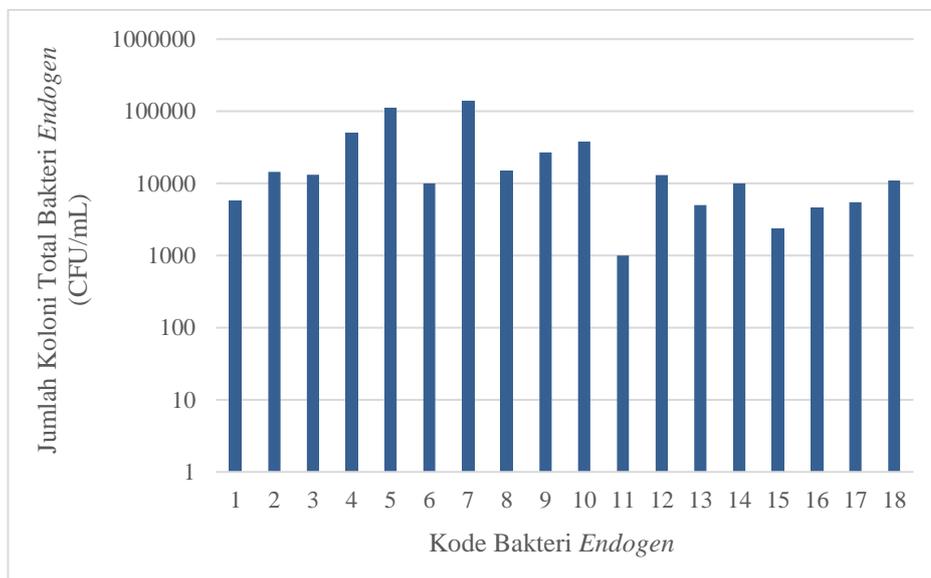
Dari hasil Proses isolasi 2 sampel tanah yang diambil dari 2 titik yang berdekatan dengan outlet air lindi di TPA piyungan dan 2 sampel akar tanaman yang terdiri dari tanaman bayam raja (*Amaranthus viridis*) yang tumbuh di dekat outlet IPAL TPA piyungan dan tanaman rumput belulang (*Eleusine indica*) yang tumbuh di dekat bak ekualisasi pada IPAL TPA Piyungan yang dilakukan, didapati bahwa untuk sampel tanah terdapat 18 karakteristik morfologi berbeda pada bakteri *endogen*, dan 12 jenis karakteristik morfologi yang berbeda pada bakteri *endofit*, ssebagaimana bisa dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2. Sedangkan berdasarkan jumlah koloni yang didapat untuk total jumlah koloni endogen yang didapat dari hasil isolasi yang diamati didapati sebanyak 1448000 CFU/ml total bakteri, sementara untuk bakteri endofit didapati sebanyak 86300 CFU/ml total bakteri.

Tabel 4. 1 Kode dan Morfologi Bakteri *Endogen* Hasil Isolasi

Kode	Morfologi			Jumlah koloni (CFU/ml)
	Bentuk	Warna	Appearance	
1	Bulat	Kuning Transparan	Dull	$5,7 \times 10^3$
2	Bulat	Orange Gelap	Glistering	$1,4 \times 10^4$
3	Bulat	Orange Transparan	Glistering	$1,3 \times 10^4$
4	Bulat	Kuing Tipis	Dull	$5,0 \times 10^4$
5	Sprinel	Orange	Dull	$1,1 \times 10^5$
6	Bulat	Orange Terang	Glistering	$1,0 \times 10^4$
7	Bulat	Coklat	Dull	$1,4 \times 10^5$
8	Bulat	Kuning Gelap	Dull	$1,5 \times 10^4$
9	Bulat	Orange	Glistering	$2,7 \times 10^4$
10	Bulat	Putih	Dull	$3,8 \times 10^4$
11	Iregular	Kuning	Dull	$1,0 \times 10^3$
12	Bulat	Coklat Transparan	Dull	$1,3 \times 10^4$
13	Bulat	Kuning Transparan	Glistering	$5,0 \times 10^3$

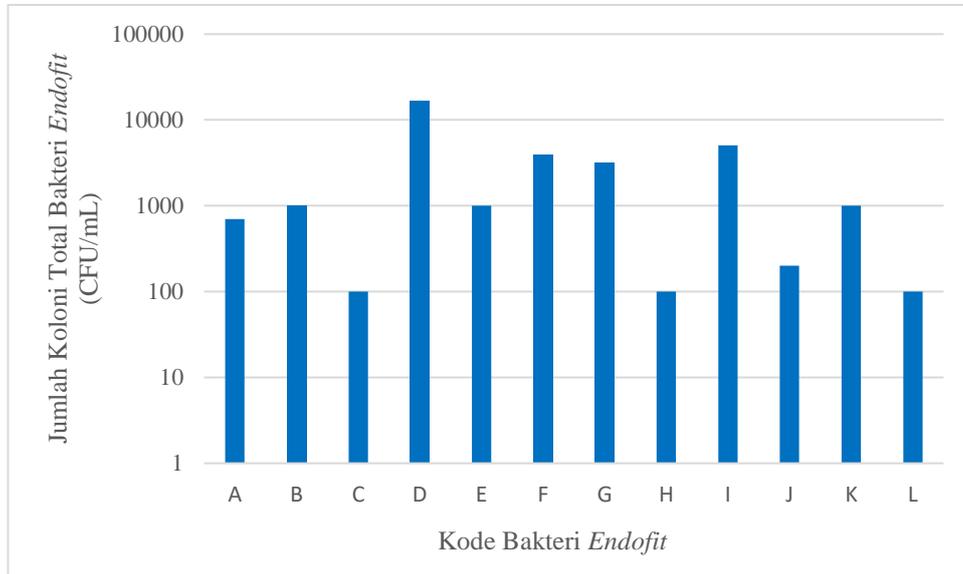
Kode	Morfologi			Jumlah koloni (CFU/ml)
	Bentuk	Warna	Appearance	
14	Iregular	Kuning Transparan	Dull	$1,0 \times 10^4$
15	Bulat	Kuning	Glistering	$2,3 \times 10^3$
16	Iregular	Putih	Dull	$4,7 \times 10^3$
17	Bulat	Transparan	Dull	$5,5 \times 10^3$
18	Bulat	Orange	Dull	$1,1 \times 10^4$

Gambar 4. 1 Grafik Jumlah Bakteri *Endogen* Hasil Isolasi



Tabel 4. 2 Kode dan Morfologi Bakteri *Endofit* Hasil Isolasi

Kode	Morfologi			Jumlah koloni (CFU/ml)
	Bentuk	Warna	Appearance	
A	Iregular	Putih Tipis	Dull	$7,0 \times 10^2$
B	Bulat	Orange	Glistering	$1,0 \times 10^3$
C	Bulat	Transparan	Dull	$1,0 \times 10^2$
D	Iregular	Putih	Glistering	$1,7 \times 10^4$
E	Bulat	Orange Transparan	Glistering	$1,0 \times 10^3$
F	Iregular	Putih Abu	Dull	$4,0 \times 10^3$
G	Bulat	Putih	Dull	$3,2 \times 10^3$
H	Bulat	Orange Gelap	Dull	$1,0 \times 10^2$
I	Bulat	Orange	Dull	$5,0 \times 10^3$
J	Bulat	Coklat	Dull	$2,0 \times 10^2$
K	Sprinel	Putih	Dull	$1,0 \times 10^3$
L	Sprinel	Orange	Dull	$1,0 \times 10^2$



Gambar 4. 2 Grafik Jumlah Bakteri *Endofit* Hasil Isolasi

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi banyaknya jumlah populasi bakteri pada tanah seperti kondisi pH, keberadaan komponen organik pada tanah, kadar oksigen, serta jenis, dan kondisi tanah, yang mana hal tersebut dapat mempengaruhi jumlah serta jenis bakteri apa saja yang dapat tumbuh pada suatu tanah (Mustoyo, 2013). Sedangkan jumlah populasi serta jenis bakteri pada akar tanaman dapat dipengaruhi oleh factor-faktor seperti, jenis tanaman, kondisi lingkungan tempat tanaman tumbuh, dan usia tanaman (Yandila, 2018).

Berdasarkan karakteristik morfologi dan dan jumlah koloni yang dominan, maka 10 jenis bakteri terpilih (6 endogen, dan 4, endofit) selanjutnya disiapkan untuk proses pemurnian untuk selanjutnya dilakukan pengamatan gram dan pengujian pada reaktor batch, untuk bakteri terpilih yang akan digunakan untuk pengujian lebih lanjut dapat dilihat pada tabel 4.3 .

Tabel 4. 3 Bakteri terpilih untuk reaktor

Nama Reaktor	Bakteri	Jumlah bakteri (CFU/l)
T1	1	$5,7 \times 10^3$
T2	4	$5,0 \times 10^4$
T3	7	$1,4 \times 10^5$
T4	8	$1,5 \times 10^4$
T5	15	$2,3 \times 10^3$
T6	16	$4,7 \times 10^3$
A1	B	$1,0 \times 10^3$
A2	D	$1,7 \times 10^4$
A3	F	$4,0 \times 10^3$
A4	G	$3,2 \times 10^3$

4.2 Morfologi Bakteri Terpilih

Penelitian ini menggunakan bakteri yang didapat dari sampel tanah dan akar tanaman yang ada di TPA piyungan untuk mencari apakah terdapat bakteri potensial yang dapat digunakan untuk mengolah air lindi. Dari hasil isolasi bakteri didapat sebanyak 18 koloni bakteri *endogen* yang berbeda dan 12 koloni bakteri *endofit* yang berbeda. Bakteri yang didapat diseleksi berdasarkan kombinasi dari morfologi, sifat gram, dan bentuk bakteri yang paling berbeda, dengan tujuan agar tidak ada bakteri dari jenis yang sama yang terpilih untuk diuji pada reaktor. Dari proses tersebut didapat 6 bakteri *endogen* dan 4 bakteri *endofit*, yang selanjutnya akan diuji pada reaktor untuk melihat kemampuan tiap bakteri dalam mengolah air lindi.

Identifikasi morfologi bakteri terpilih dilakukan berdasarkan beberapa kriteria seperti bentuk, margin, elevation, ukuran, appearance, dan wana, (ATCC, 2021). Dari hasil pengamatan yang dilakukan untuk bakteri endogen didapati sejumlah 5 bakteri memiliki bentuk bulat, dan 1 berbentuk *irregular*. 4 bakteri memiliki margin *undulate*, dan 2 bakteri *entire*, 4 bakteri memiliki *elevation flat*, dan 2 *raised*, 1 bakteri berukuran besar, 3 berukuran sedang dan 1 berukuran kecil, 5 bakteri memiliki *appearance dull*, dan 1 memiliki *appearance glistering*, setiap bakteri memiliki warna yang berbeda-beda yang terdiri dari ; bakteri berwarna kuning transparan, bakteri berwarna kuning tipis, bakteri berwarna coklat gelap, bakteri berwarna kuning gelap, bakteri berwarna kuning, dan bakteri berwarna putih. Untuk morfologi dari 6 bakteri endogen yang didapat dapat dilihat pada tabel 4. 4.

Tabel 4. 4 Morfologi Bakteri *Endogen* Terpilih

Sampel	Morfologi koloni					
	Bentuk	Margin	Elevation	Ukuran	Appearance	Warna
T1	Bulat	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	Sedang	<i>Dull</i>	Kuning transparan
T2	Bulat	<i>Undulate</i>	<i>Raised</i>	Sedang	<i>Dull</i>	Kuning tipis
T3	Bulat	<i>Entire</i>	<i>Flat</i>	Kecil	<i>Dull</i>	Coklat
T4	Bulat	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	Kecil	<i>Dull</i>	Kuning gelap
T5	Bulat	<i>Entire</i>	<i>Raised</i>	Kecil	<i>Glistering</i>	Kuning
T6	<i>Iregular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	Besar	<i>Dull</i>	Putih

Sedangkan untuk data 4 bakteri endofit yang didapat dapat terdiri dari 2 bakteri berbentuk bulat dan 2 bakteri berbentuk *irregular*, 2 bakteri memiliki *margin entire*, 1 bakteri memiliki *margin rhizoid*, dan 1 bakteri memiliki *margin undulate*, 3 bakteri dengan *elevation flat* dan 1 bakteri dengan *elevation raised*, 3 bakteri berukuran besar dan 1 bakteri berukuran sedang 2 bakteri memiliki *appearance glistering* dan 2 bakteri memiliki *appearance dull*, serta bakteri-bakteri tersebut masing-masing memiliki warna yang berbeda yang terdiri dari ; bakteri berwarna orange, bakteri berwarna putih abu, dan bakteri berwarna putih.. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4. 5 .

Tabel 4. 5 Morfologi bakteri *endofit* terpilih

Sampel	Morfologi koloni					
	Bentuk	Margin	Elevation	Ukuran	Appearance	Warna
A1	Bulat	Entire	Flat	Sedang	Glistering	Orange
A2	Iregular	Rhizoid	Flat	Besar	Glistering	Putih
A3	Iregular	Undulate	Flat	Besar	Dull	Putih abu
A4	Bulat	Entire	Raised	Besar	Dull	Putih

Setelah dilakukan pengamatan bakteri berdasarkan morfologi maka akan dilakukan pewarnaan gram. Sifat gram bakteri terbagi menjadi bakteri gram positif yang dapat dicirikan dengan berwarna ungu dan bakteri gram negatif yang dapat dicirikan dengan berwarna merah/merah muda. Tujuan dilakukannya pewarnaan gram untuk mempermudah melihat bakteri secara mikroskopik, memperjelas ukuran serta bentuk bakteri, mengetahui struktur dinding sel dan vakuola, dan sifat fisik serta kimia dari bakteri dengan zat warna (Bulele *et al.*, 2019).

Dari hasil pewarnaan gram didapatkan dari 6 isolat bakteri endogen Terpilih Terdapat 5 Bakteri Gram positif, dan sebanyak 1 bakteri memiliki sifat gram negatif, sementara untuk 4 bakteri endofit terpilih 3 diantaranya memiliki sifat gram positif, dan 1 bakteri bersifat gram negatif. Untuk data terkait hasil pewarnaan bakteri endogen terpilih dapat dilihat pada tabel 4. 6.

Tabel 4. 6 Hasil Pewarnaan Gram Bakteri *Endogen* Terpilih

Sampel	Pewarnaan gram	
	Gram	Bentuk sel
T1	Positif	<i>Bacillus</i>
T2	Positif	<i>Bacillus</i>
T3	Positif	<i>Bacillus</i>
T4	Positif	<i>Bacillus</i>
T5	Negatif	<i>Bacillus</i>
T6	Positif	<i>Bacillus</i>

Terjadinya perbedaan warna pada sifat gram disebabkan karena sel bakteri yang ditetaskan oleh bahan kimia gram A (kristal violet) akan menyerap warna

ungu dari gram A, yang warnanya akan semakin menjadi ungu pekat ketika ditambahkan dengan Lugol (Gram B) pada sel bakteri yang diuji, yang dimana ketika bakteri yang diuji dicuci menggunakan alcohol (Gram C) bakteri yang memiliki sifat gram positif akan mampu mempertahankan warna ungu dari ikatan kompleks antara kristal violet dan lugol. Sedangkan pada bakteri yang memiliki sifat gram negative tidak akan bisa mempertahankan warna ungunya setelah dicuci dengan alcohol dikarenakan lapisan peptidoglikan pada bakteri gram negatif lebih tipis sehingga menjadi tidak bewarna. Bakteri bersifat gram negatif kemudian akan menyerap tetesan safranin (Gram D) dan menjadi berwarna merah. Bakteri gram positif memiliki dinding sel yang tebal dan membran sel selapis serta tidak memiliki membran luar. Sementara bakteri gram negatif memiliki dinding sel tipis yang berada diantara dua lapis membran sel (Hidayat, 2015).

Sedangkan untuk data terkait hasil pewarnaan gram bakteri endofit terpilih dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hasil Pewarnaan Gram Bakteri Endofit Terpilih

Sampel	Pewarnaan gram	
	Gram	Bentuk sel
A1	Positif	<i>Bacillus</i>
A2	Negatif	<i>Coccus</i>
A3	Positif	<i>Bacillus</i>
A4	Positif	<i>Coccus</i>

4.3 Parameter Fisika-Kimia Reaktor

a. Parameter pH, suhu, TDS, EC, dan ORP

Karakter fisika-kimia merupakan salah satu faktor utama yang dapat mempengaruhi pertumbuhan serta kemampuan bakteri dalam mengolah kontaminan. Oleh karenanya penting dilakukan pengukuran terhadap karakteristik fisika kimia dari tiap reactor untuk dapat mengetahui kemampuan bakteri yang dimasukkan pada reactor, dan bagaimana kondisi fisika-kimia yang ada dapat mempengaruhi kemampuan bakteri tersebut dalam mengurai ammonia, COD, dan

warna. Beberapa data fisika-kimia yang diambil dalam penelitian ini berupa suhu, EC, TDS, ORP, dan pH yang diambil setiap hari selama 19 hari running reactor, dan kadar DO yang diambil satu kali setiap minggu. Untuk lebih jelasnya, data fisika-kimia reactor dapat dilihat pada tabel 4. 8 .

Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Reaktor (Suhu, EC, TDS, dan ORP)

Reaktor	Suhu (C)	TDS (ppm)	pH	ORP (mV)	EC (mS/cm)
Kontrol	23,83 ± 1,42 (21,76 - 26,50)	1431,6 ± 162,5 (1300 - 1920)	8,76 ± 0,21 (8,55 - 9,23)	-99,8 ± 13,3 (-130 - -87)	2814,7 ± 221,0 (2160 - 3420)
T1	23,65 ± 1,76 (18,7,70 - 26,20)	1781,1 ± 95,2 (1670 - 2000)	8,73 ± 0,15 (8,56 - 9,02)	-97,5 ± 10,2 (-118 - -89)	3545,3 ± 210,9 (3040 - 4010)
T2	23,48 ± 1,66 (21,76 - 26,50)	1784,7 ± 83,6 (1670 - 2000)	8,75 ± 0,17 (8,58 - 9,09)	-99,3 ± 11,6 (-122 - -91)	3565,8 ± 171,0 (3350 - 4010)
T3	23,51 ± 1,76 (18,80 - 26,10)	2173,1 ± 134,2 (1670 - 2000)	8,75 ± 0,14 (8,58 - 9,04)	-99,1 ± 9,5 (-118 - -90)	4351,6 ± 268,8 (3420 - 4760)
T4	23,68 ± 1,78 (18,90 - 26,40)	1835,3 ± 83,2 (1710 - 2040)	8,75 ± 0,15 (8,58 - 9,04)	-98,8 ± 10,8 (-119 - -84)	3678,4 ± 166,4 (3420 - 4090)
T5	23,58 ± 1,30 (21,60 - 25,90)	1388,9 ± 182,9 (1220 - 1940)	8,78 ± 0,19 (8,58 - 9,14)	-101,5 ± 2,7 (-127 - -90)	2759,5 ± 251,3 (2540 - 3420)
T6	23,62 ± 1,79 (18,50 - 26,30)	1846,3 ± 83,7 (1710- 2050)	8,73 ± 0,16 (8,60 - 9,08)	-99,1 ± 11,4 (-124 - -91)	3687,4 ± 156,5 (3420 - 4080)
A1	23,60 ± 1,43 (21,70 - 26,20)	1798,4 ± 87,6 (1710- 2010)	8,75 ± 0,17 (8,55 - 9,08)	-99,4 ± 11,5 (-122 - -88)	3579,5 ± 177,0 (3330 - 4010)
A2	23,85 ± 1,47 (21,50 - 26,30)	1792,1 ± 75,2 (1640- 2000)	8,67 ± 0,25 (8,01 - 9,05)	-97,8 ± 9,3 (-118 - -91)	3556,8 ± 198,3 (3040 - 4040)
A3	23,57 ± 1,34 (21,70 - 26,10)	1795,3 ± 100,7 (1640- 2020)	8,82 ± 0,17 (8,57 - 9,07)	-103,8 ± 11,4 (-124 - -89)	3601,1 ± 185,83 (3390 - 4090)
A4	23,65 ± 1,31 (21,50 - 26,00)	1765,3 ± 93,7 (1670- 2000)	8,77 ± 0,17 (8,57 - 9,08)	-100,4 ± 11,7 (-124 - -89)	3580,8 ± 190,6 (3370 - 3960)

Keterangan : semua nilai merupakan rata-rata ± standar deviasi, dan nilai di dalam tanda kurung mengindikasikan nilai minimum dan maksimum (untuk n data pada parameter pH, temperatur, EC, TDS, dan ORP secara berturut-turut adalah 12, 19, 19, 19, 12. Reaktor kontrol digunakan untuk kontrol yang hanya berisi air lindi, dan reaktor dengan kode T1 hingga A4 merupakan reaktor perlakuan dengan diberikan penambahan bakteri *endogen* atau *endofit* terpilih dari hasil isolasi tanah dan akar tanaman terkontaminasi air.

Pengambilan data parameter fisika-kimia dilakukan untuk mengetahui pengaruh yang diberikan bakteri pada kondisi air lindi yang kemudian akan dibandingkan dengan data parameter fisika-kimia pada reaktor kontrol untuk melihat perbedaan yang diberikan oleh bakteri pada air lindi. Dari data yang didapat diketahui bahwa kadar EC dan TDS pada reaktor kontrol lebih rendah dibandingkan dengan reaktor yang ditambahkan bakteri, hal ini bisa terjadi karena pada reaktor yang ditambahkan bakteri, bakteri yang ada pada reaktor dapat menghasilkan mineral-mineral yang menyebabkan naiknya kadar EC dan TDS dalam air. Selama masa pengujian terjadi kenaikan dan penurunan kadar TDS dan EC pada tiap reaktor pengujian, perubahan kadar TDS yang terjadi dapat disebabkan karena proses pemecahan padatan besar yang mana bisa meningkatkan kadar TDS, sementara untuk penurunan kadar TDS dapat terjadi dikarenakan bakteri yang ada pada air lindi menggunakan bahan organik yang ada pada air lindi untuk proses metabolismenya (Ratnasari, 2020). Untuk perubahan kadar EC yang terjadi selaras dengan perubahan kadar TDS, hal ini dikarenakan, TDS yang ada pada air lindi, dapat berperan sebagai katalis untuk menghantarkan arus listrik sehingga semakin berkurangnya padatan terlarut maka jumlah padatan terlarut yang dapat menghantarkan arus listrik akan semakin sedikit dan begitu juga sebaliknya sehingga semakin berkurangnya kadar TDS maka kadar EC juga dapat semakin menurun (Irwan, 2016).

Untuk parameter ORP, tidak ada perbedaan yang signifikan antara reaktor kontrol dan reaktor yang ditambahkan bakteri, nilai ORP pada tiap reaktor berada pada nilai negatif, yang dimana menandakan rendahnya kadar oksigen dalam air limbah pada tiap reaktor, yang dimana kondisi ini memungkinkan untuk terjadinya aktifitas penguraian oleh bakteri anaerobic. Selama masa running reaktor nilai ORP mengalami kenaikan dan juga penurunan, dengan nilai terendah diamati terjadi pada hari ke 18 dan 19. Kadar ORP yang rendah ini menandakan bahwa kondisi air lindi di reaktor memiliki sifat sebagai larutan reduktor yang menunjukkan bahwa terjadi reaksi reduktor pada air lindi pada reaktor (Setiawan, 2019),

Sementara untuk parameter suhu juga tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antara reaktor kontrol dengan reaktor yang ditambahkan bakteri,

perubahan suhu yang terjadi pada semua reaktor cenderung fluktuatif yang dimana suhu pada reaktor berada pada rentang 18,7- 26,3°C . Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perolehan data parameter suhu antara lain seperti waktu pengambilan sampel dan factor cuaca (Sari, 2017).

Lalu untuk parameter pH, juga tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antara reaktor kontrol dan reaktor yang ditambahkan bakteri, setiap reaktor cenderung memiliki pH yang bersifat basa dengan perubahan yang terjadi pada tiap reaktor selama masa pengujian cenderung mengalami kenaikan dengan nilai pH yang didapat pada hari ke 19 berada pada rentang 8,55 – 9,23. Kenaikan kadar pH ini bisa terjadi dikarenakan proses dekomposisi materi organik pada air lindi, yang mana menyebabkan terjadinya proses mineralisasi dari bahan organik yang melepaskan kation pada air lindi yang menyebabkan naiknya kadar pH pada air di reaktor (Hifni, 2016).

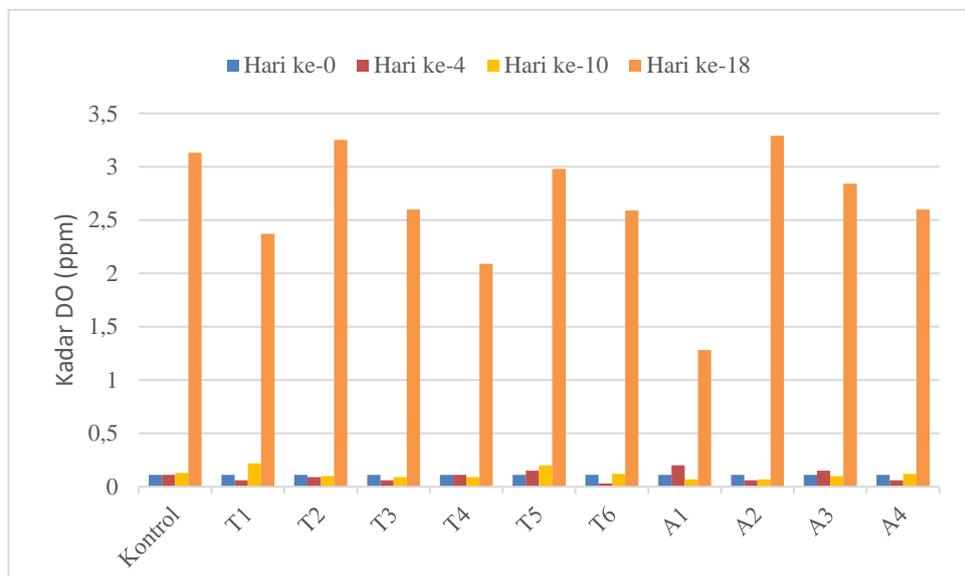
b. Parameter DO

Pengukuran kadar DO dilakukan dengan menggunakan alat DO meter, Pengambilan data dilakukan pada hari ke 0, 4, 10, dan 18. Jika dibandingkan dengan reaktor yang ditambahkan bakteri, kadar DO pada reaktor kontrol cenderung sama pada masa awal running reaktor, dan menjadi lebih tinggi dari sebagian reaktor yang ditambahkan bakteri pada hari ke 18 running reaktor.

Selama masa pengambilan data terjadi kenaikan kadar DO pada sampel, yang pada awalnya (hari ke-0) kadar DO berada pada kisaran 0,11 ppm naik menjadi 1,28 - 3,29 ppm pada hari ke-18, termasuk pada sampel kontrol yang naik hingga menjadi 3,13 ppm, sebagaimana dapat dilihat pada gambar 4.3 .

DO merupakan salah satu parameter terpenting dalam penilaian kualitas air. Hubungan DO dengan badan air dapat memberikan informasi langsung dan tidak langsung terhadap kondisi kualitas air, seperti aktivitas bakteri, fotosintesis, dan ketersediaan nutrisi pada air (Vikal, 2009). Kondisi awal kadar DO pada reaktor dapat mengindikasikan bahwa adanya proses pemulihan kondisi air oleh bakteri-bakteri anaerobik di badan air, yang dimana hal ini dapat dilihat pada kondisi air yang memiliki kadar DO yang rendah sehingga bakteri-bakteri anaerobic dapat

tumbuh dengan memanfaatkan bahan-bahan organik yang ada (Omokeyeke *et al*, 2013). Sementara itu terjadinya peningkatan kadar DO pada reaktor dapat disebabkan karena kondisi air yang sudah menjadi semakin baik sehingga kadar DO di air juga semakin meningkat, selain itu kenaikan kadar DO juga dapat disebabkan akibat proses difusi oksigen dari udara, yang menyebabkan naiknya kadar oksigen di dalam air (Tahir, 2016). Kenaikan kadar DO yang sangat signifikan dapat disebabkan karena volume air pada reaktor yang semakin sedikit akibat dari pengambilan sampel air dan proses penguapan, yang menyebabkan kadar DO meningkat.

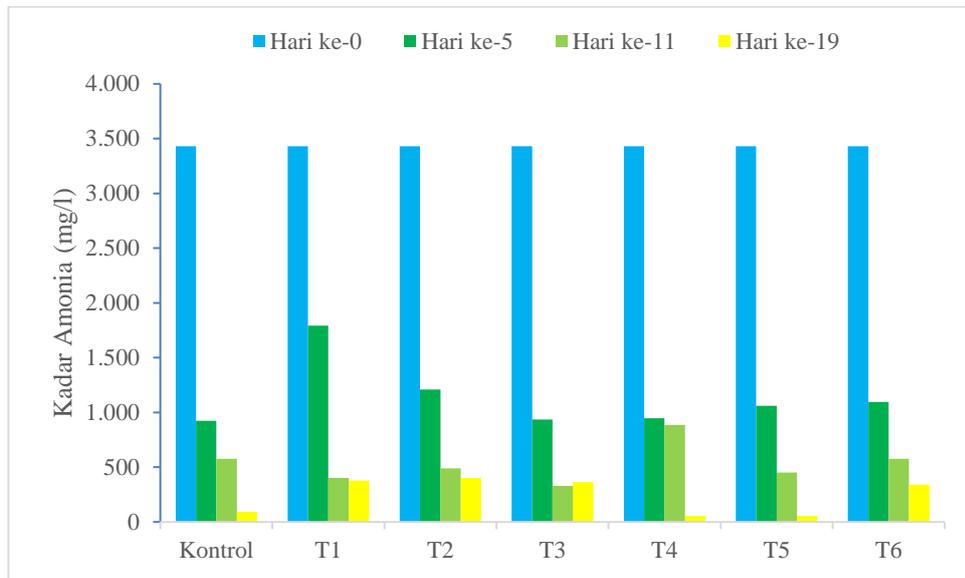


Gambar 4. 3 Kadar DO Reaktor dari Hari ke-0 Sampai ke-18, bar adalah hasil 1x pengujian, reaktor T adalah reaktor dengan penambahan bakteri endogen, reaktor A adalah reaktor dengan penambahan bakteri endofit

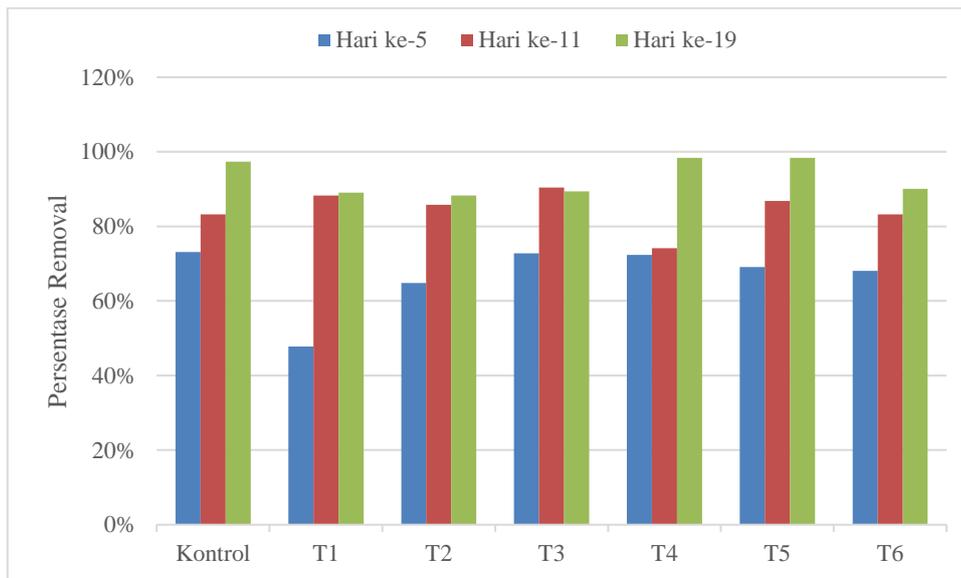
4.4 Konsentrasi Ammonia dan Persentase Removal Amonia

a. Bakteri Endogen

Kadar Amonia (NH_4) pada air lindi dari TPA Piyungan mengalami kenaikan dan penurunan konsentrasi. Setelah melewati masa pengolahan menggunakan *Batch reactor* selama 19 hari terdapat penurunan kadar Amonia pada air lindi. Data hasil pengujian kadar Amonia (NH_4) pada air lindi setelah pengolahan selama 19 hari dapat dilihat pada gambar 4. 4 .



Gambar 4. 4 Grafik Perubahan Kadar Amonnia pada Reaktor Bakteri *Endogen*



Gambar 4. 5 Grafik Persentase Removal Amonnia Reaktor Bakteri *Endogen*

Pada gambar 4. 4 dapat dilihat hasil pengujian kadar Amonnia (NH₄) menggunakan bakteri *endogen* pada sampel air lindi TPA Piyungan. Terdapat penurunan kadar amonnia (NH₄) pada air lindi menggunakan batch reactor selama 19 hari. Konsentrasi awal sampel air lindi bakteri menunjukkan konsentrasi amonnia sebesar 3431,76 mg N/L pada hari ke-0 dan pada hari ke 19 terjadi penurunan yang signifikan untuk seluruh sampe sampel, terutama pada sampel T4

dan T5 yang kadar amonianya turun menjadi 54,59 mg N/L. Penurunan kadar ammonia dapat disebabkan karena aktifitas bakteri pada air yang mengubah mengurai kandungan ammonia pada air menjadi gas nitrogen dalam sebuah siklus yang disebut siklus nitrogen (Floyd *et al.*, 2022) . Meskipun telah terjadi penurunan kadar ammonia yang signifikan namun dari semua sampel yang ada belum ada bakteri yang mampu menurunkan kadar ammonia hingga masuk batas baku mutu ammonia yakni, 10 mg/L (Permen LHK nomor P.62 tahun 2016) sehingga masih diperlukan pengolahan ammonia lebih lanjut untuk dapat mengurangi kadar ammonia hingga matas baku mutu.

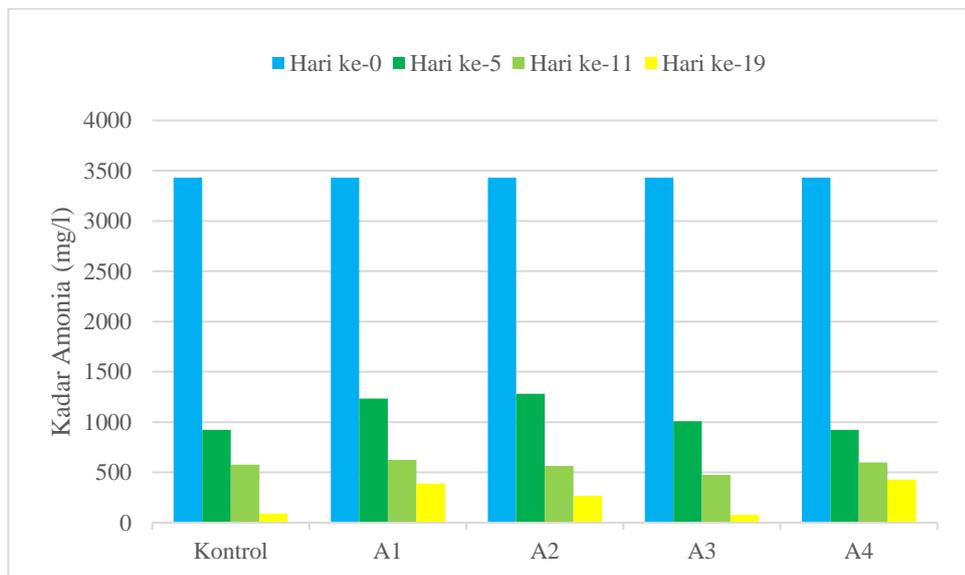
Pengurangan kadar ammonia yang terjadi pada penelitian ini, sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Mertoglu (2006) yang dimana penguraian ammonia dari air lindi menggunakan aerated bioreactor, menunjukkan penurunan kadar ammonia yang cukup signifikan yakni dari kondisi awal 250 mg/l menjadi 30 mg/l dalam jangka waktu 250 hari. Penurunan kadar amonia yang terjadi dapat disebabkan oleh terjdinya proses nitrifikasi dan dinitrifikasi pada air limbah yang dilakukan oleh bakteri. Bakteri nitrifikasi dalam air pertama mengubah zat amonia pada air menjadi kandungan nitrat dan nitrit, yang selanjutnya dapat diubah menjadi gas nitrogen dengan bantuan bakteri denitrifikasi (Shourjeh *et al.*, 2021). Proses nitrifikasi dan denitrifikasi dapat terjadi dalam kondisi air yang memiliki kadar oksigen yang rendah atau anaerobik, yang dimana hal ini sesuai dengan kondisi yang ada pada reaktor yang menunjukkan kadar DO yang rendah pada masa awal pengujian pada reaktor.

Dari hasil yang didapat juga diketahui bahwa reaktor kontrol yang tidak ditambahkan bakteri juga mengalami penurunan kadar amonia hingga menjadi 91,81 mg/L, yang dimana kadar amonia pada reaktor kontrol ini lebih rendah ketimbang kadar amonia dari reaktor yang ditambhlan bakteri, kecuali pada reaktor T4 dan T5 yang dimana kadar amonianya lebih rendah dibandingkan dengan hasil pada reaktor control.

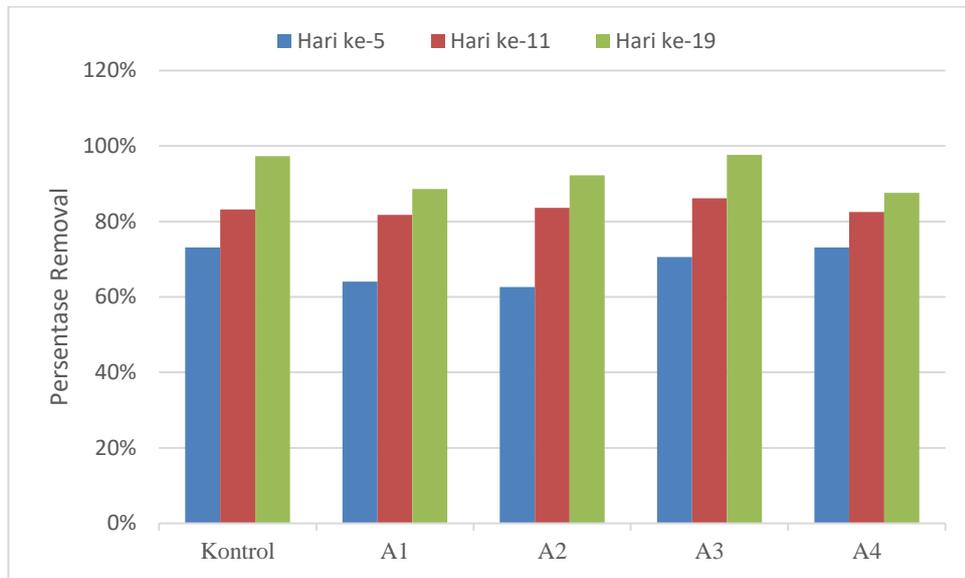
Hal ini mungkin bisa terjadi dikarenakan adanya proses penguapan atau proses volatilisasi amonia yang bisa disebabkan karena kondisi pH reaktor yang tinggi. Hal ini terjadi karena dalam kondisi pH yang tinggi amonia yang ada dalam air cenderung berada dalam bentuk NH_3 yang memiliki sifat mudah menguap sehingga berkemungkinan untuk meninggalkan air limbah (Frenny, J et.al, 1981). Hal ini sesuai dengan data fisika-kimia yang didapat pada reaktor pengujian, yang dimana pH pada reaktor pengujian diamati berada pada rentang 8,55 – 9,23. Kondisi pH yang tinggi juga mengindikasikan adanya aktifitas dekomposisi bahan organik, yang menunjukkan bahwa terjadi proses penurunan kadar CO_2 pada air yang bisa diebabkan akibat aktifitas bakteri ataupun alga yang ada pada reaktor.

b. Bakteri Endofit

Data hasil pengujian kadar Amonia (NH_4) pada air lindi setelah pengolahan selama 19 hari dapat dilihat pada Gambar 4. 6 .



Gambar 4. 6 Grafik Perubahan Kadar Amonia pada Reaktor Bakteri *Endofit*



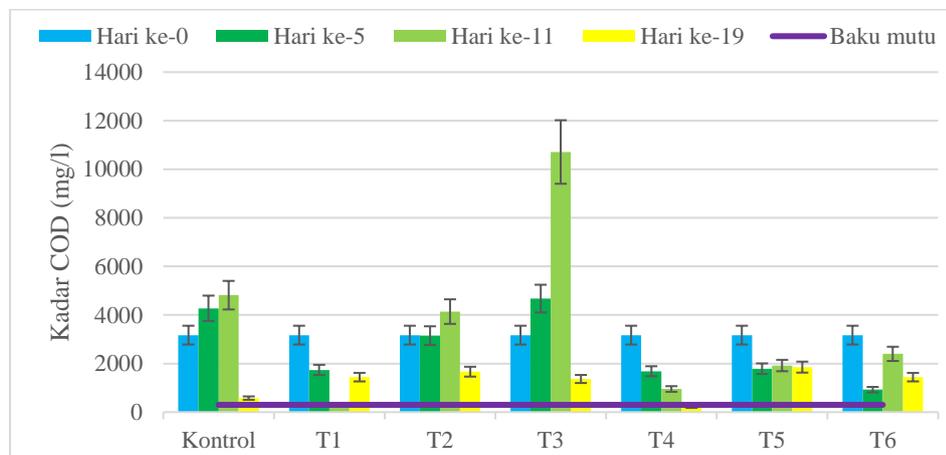
Gambar 4. 7 Grafik Persentase Removal Amonia Reaktor Bakteri *Endofit*

Pada gambar 4. 6 dapat dilihat telah terjadi penurunan kadar amonia, terutama pada sampel A3 yang mengalami penurunan kadar amonia dari kondisi awal 3431,76 mg/l pada hari ke-0 turun menjadi 79,41 mg/l pada hari ke 19. Namun sama halnya dengan hasil dari bakteri endogen terpilih, belum didapati adanya bakteri *endofit* yang mampu mengolah amonia hingga memenuhi baku mutu. Apabila dibandingkan dengan reactor kontrol, semua reactor bakteri endofit kecuali A3, nilai kadar amonianya masih lebih besar, yang dimana sama halnya dengan bakteri endogen, hal ini dapat disebabkan juga karena adanya alga atau bakteri yang tumbuh pada reactor kontrol ataupun kegiatan filtrasi sampel yang menyebabkan turunnya kadar amonia pada reactor kontrol.

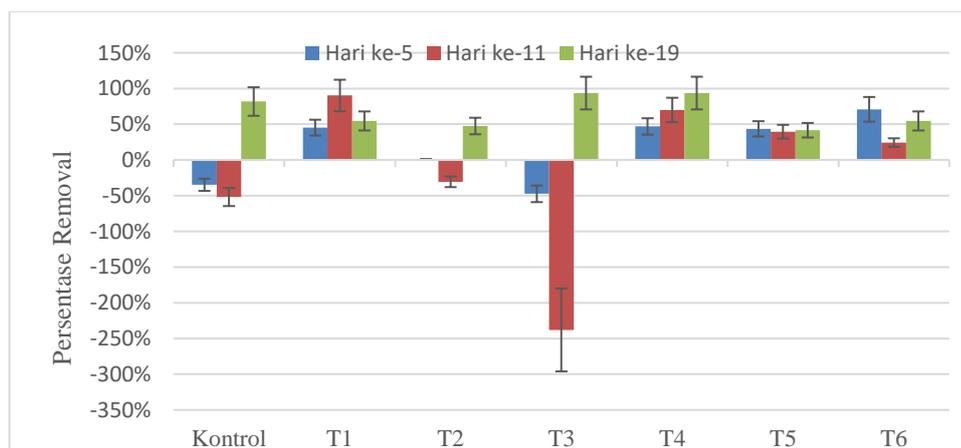
4.5 Konsentrasi COD dan Persentase Removal COD

a. Bakteri Endogen

Kadar COD pada air lindi dari TPA . setelah melewati masa running reaktor selama 19 hari, yang dimana selama proses tersebut terjadi kenaikan dan juga penurunan kadar COD yang diamati pada reaktor. Data hasil pengujian kadar COD pada air lindi selama masa pengolahan dalam kurun waktu 19 hari dapat dilihat pada Gambar 4. 8.



Gambar 4. 8 Grafik Perubahan Kadar COD pada Reaktor Bakteri *Endogen*. Bar adalah konsentrasi rata-rata, standar error menunjukkan error dengan n= 2.



Gambar 4. 9 Grafik Persentase Removal COD Reaktor Bakteri *Endogen*.

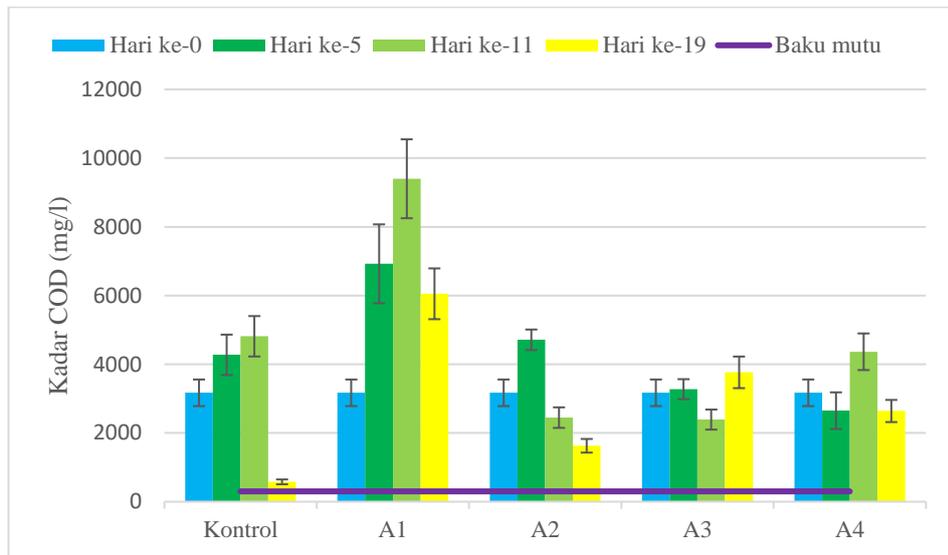
Bar adalah persentase removal rata-rata, standar error menunjukkan error dengan n= 2.

Pada gambar 4. 8 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan dan juga penurunan kadar COD selama proses running reaktor, yang dimana dengan melihat trend yang terjadi, kadar COD akan naik pada hari ke-0 sampai hari ke-11, dan mengalami penurunan pada hari ke-19. Penurunan kadar COD paling signifikan terjadi pada reactor T4 yang dimana mampu menurunkan kadar COD dari kondisi awal 3170 mg/l pada hari ke-0, yang dimana turun hingga 202 mg/l pada hari ke-19, yang dimana merupakan satu-satunya reactor bakteri endogen yang mampu mengolah kadar COD hingga memenuhi standar baku mutu COD yaitu 300 mg/l (Permen LHK 59 tahun 2016).

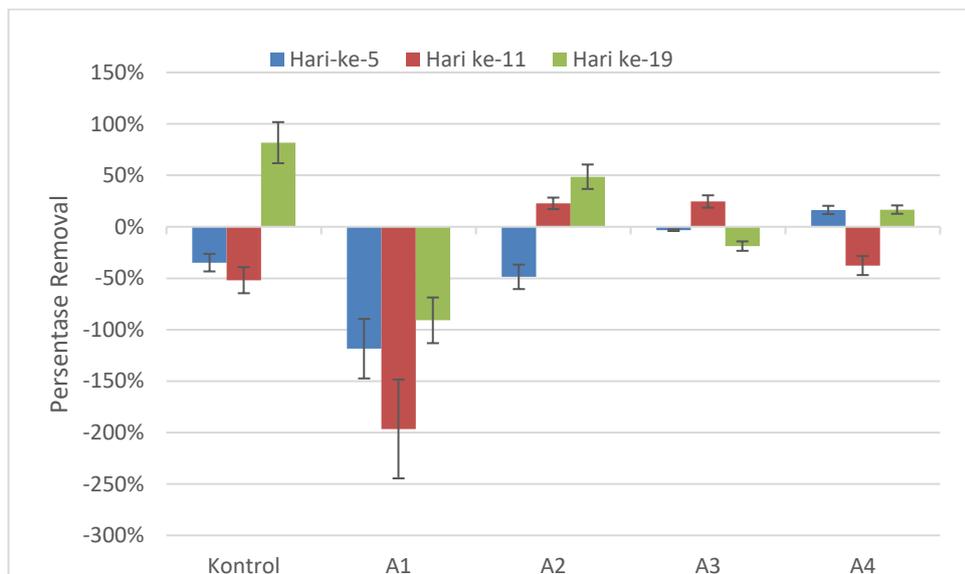
Hasil penurunan kadar COD yang terjadi tidak terlalu melenceng dari hasil penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh Kardena (2017), yang dimana pengurangan kadar COD pada bioreactor menggunakan bakteri endogen dari daerah tropis, mengalami penurunan dari kadar awal 1170 mg/l turun menjadi 181 mg/l , yang dimana pengolahan air limbah tersebut dilakukan dengan menggunakan bak aerasi dengan bantuan *activated sludge* yang terbentuk dari bakteri *endogen* dari area tropis dengan HRT selama 25 hari. .Terjadinya penurunan kadar COD dapat disebabkan karena aktivitas bakteri pada reaktor yang mengurai bahan organik yang ada pada reaktor yang mengakibatkan menurunnya kadar amonia selama masa pengujian reaktor.

b. Bakteri Endofit

Data hasil pengujian kadar COD hasil pengolahan bakteri endofit pada air lindi setelah pengolahan selama 19 hari dapat dilihat pada Gambar 4. 10.



Gambar 4. 10 Perubahan Kadar COD pada Reaktor Bakteri *Endofit*. Bar adalah konsentrasi rata-rata, standar error menunjukkan error dengan n= 2.



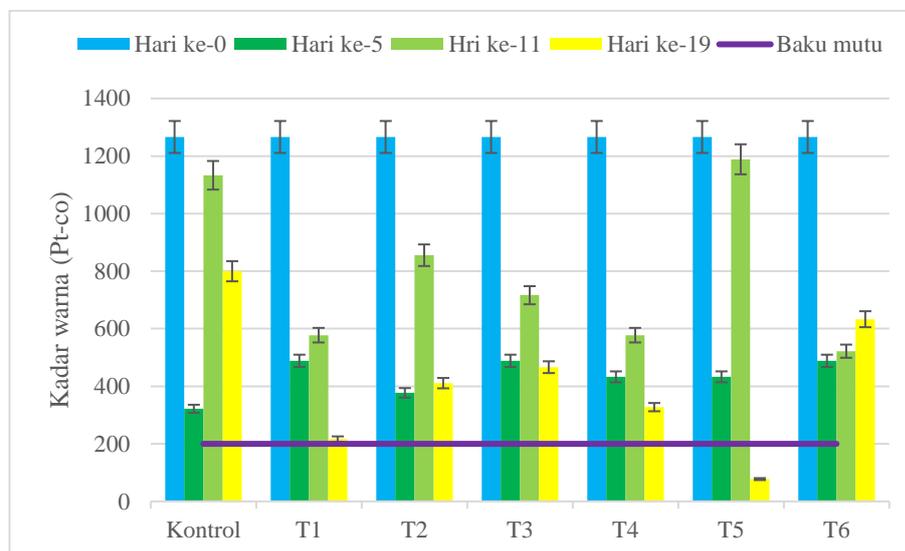
Gambar 4. 11 Grafik Persentase Removal Reaktor Bakteri *Endofit*. Bar adalah persentase removal rata-rata, standar error menunjukkan error dengan n= 2.

Pada gambar 4. 10 dapat dilihat hasil pengujian kadar COD menggunakan bakteri endofit pada sampel air lindi TPA piyungan. Dari hasil yang didapat reaktor bakteri endofit terbilang kurang mampu dalam mengolah kadar COD apabila dibandingkan dengan reaktor bakteri endogen. Yang dimana semua reaktor bakteri endofit mengalami penurunan kadar COD yang lebih rendah ketimbang reaktor kontrol atau bahkan beberapa reaktor mengalami kenaikan kadar COD naik jika dibandingkan dengan kondisi awal.. Nilai terendah yang didapat dari reaktor endofit dalam mengolah kadar COD ialah pada reaktor A2 yang hanya mampu menurunkan kadar COD hingga 1628 mg/l pada hari ke-19.

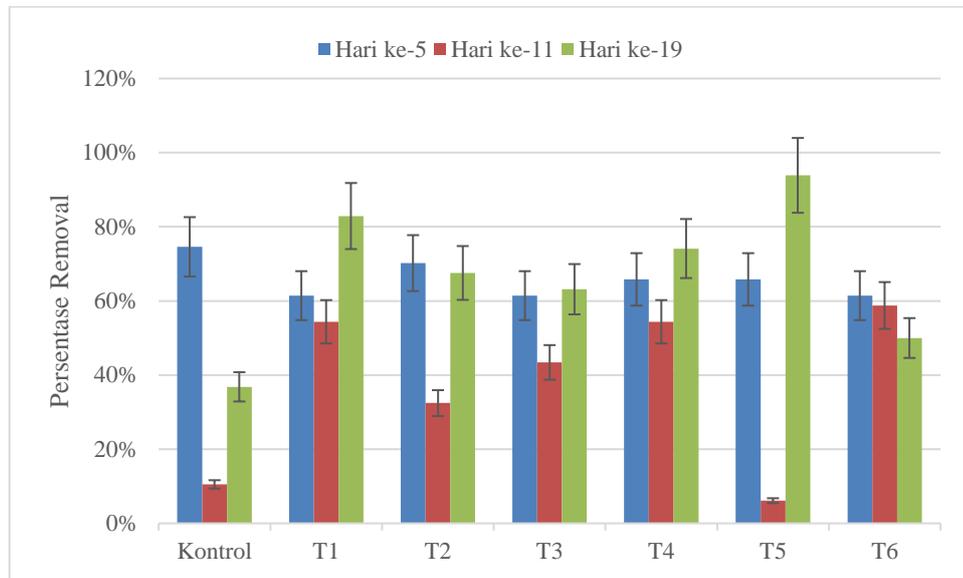
4.6 Konsentrasi Warna dan Persentase Removal Warna

a. Bakteri Endogen

Data hasil pengujian kadar warna reaktor bakteri endogen setelah pengolahan selama 19 hari dapat dilihat pada Gambar 4. 12.



Gambar 4. 12 Perubahan Kadar Warna pada Reaktor Bakteri *Endogen*. Bar adalah konsentrasi rata-rata, standar eror menunjukan eror dengan n= 3.



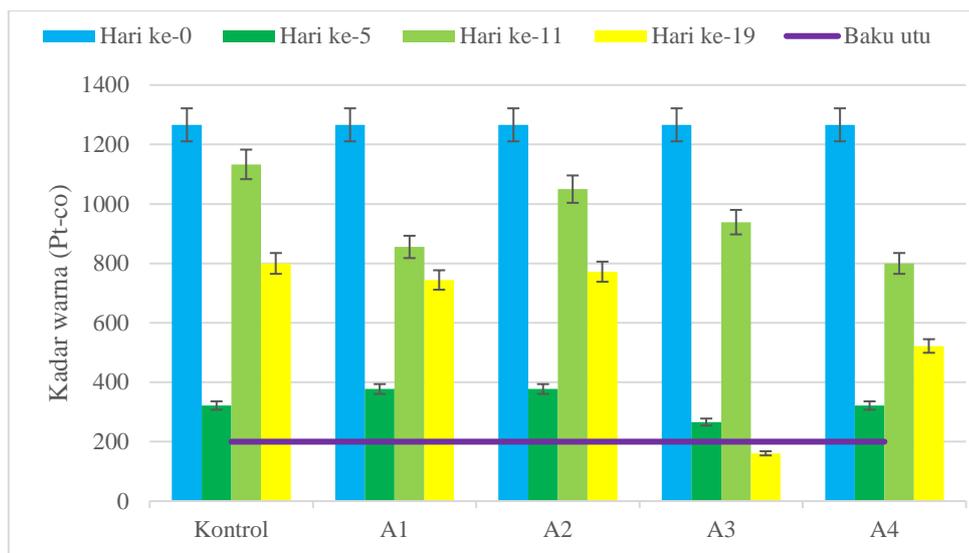
Gambar 4. 13 Grafik Persentase Removal Reaktor Bakteri *Endogen*. Bar adalah persentase removal rata-rata, standar error menunjukkan error dengan n= 3.

Pada gambar 4. 12 dapat dilihat bahwa selama masa running reaktor, kadar warna yang ada pada reaktor bakteri endogen mengalami kenaikan dan juga penurunan. Kenaikan kadar warna terjadi pada hari ke -11 dan mengalami penurunan kadar warna pada hari ke-19. Untuk reaktor yang mengalami penurunan kadar warna yang paling signifikan adalah reaktor T5 yang mana mampu mengurangi kadar warna dari yang awalnya 1266,11 Pt-co pada hari ke-0, dapat turun hingga 77,5 Pt-co pada hari ke-19. Dari 6 reaktor bakteri endogen terdapat 1 reaktor yang mampu mengolah kadar warna hingga memenuhi standar baku mutu sebesar 200 Pt-co (Permen LHK no. P.16 tahun 2019) yaitu reaktor T5 itu sendiri. Untuk reaktor kontrol pada warna juga terjadi penurunan kadar warna, namun apabila dibandingkan dengan reaktor-reaktor lain yang ditambah dengan bakteri, nilai penurunan kadar warna pada reaktor kontrol masih terbilang lebih rendah. Penurunan ini dapat disebabkan karena adanya pertumbuhan bakteri atau alga pada reaktor ataupun karena proses filtrasi yang dilakukan sebelum pengujian.

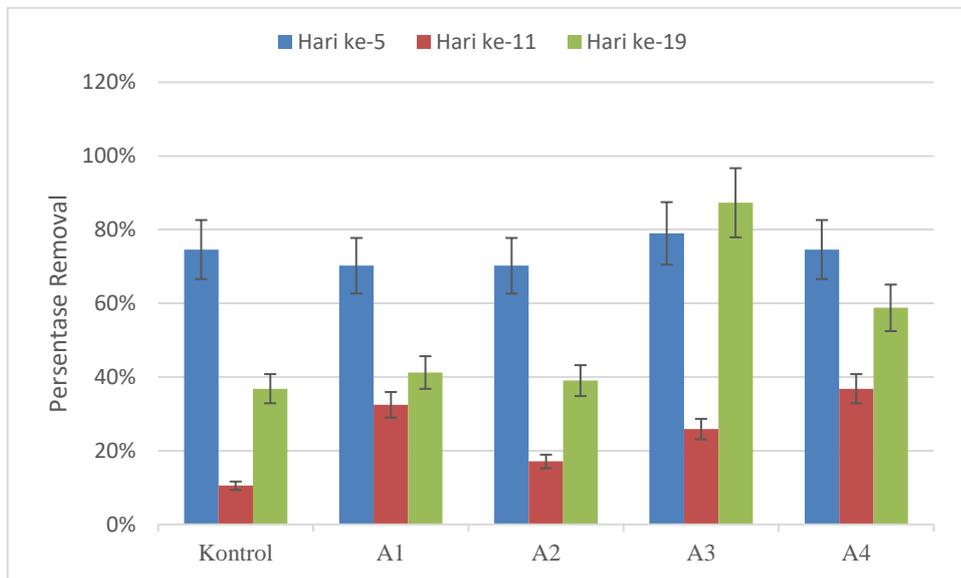
Terjadinya perubahan kadar warna yang dimana mengalami kenaikan dan penurunan ini dapat terjadi dikarenakan sampel bakteri yang ditambahkan ke reactor masih dalam tahap adaptasi dan adanya perbedaan interval waktu regenerasi dalam memanfaatkan zat warna menjadi karbon (Septiara, 2022). Dalam proses penguraian zat pencemar warna oleh bakteri, dapat dilakukan melalui 2 cara yakni adsorpsi oleh bakteri, atau proses pendegradasi atau penguraian yang disebabkan oleh enzim yang diproduksi oleh bakteri (Jame dan Romana, 2019).

b. Bakteri Endofit

Data hasil pengujian kadar warna reaktor bakteri endofit setelah pengolahan selama 19 hari dapat dilihat pada Gambar 4. 14.



Gambar 4. 14 Perubahan Kadar Warna pada Reaktor Bakteri *Endofit*. Bar adalah konsentrasi rata-rata, standar error menunjukkan error dengan n= 3



Gambar 4. 15 Grafik Persentase Removal Reaktor Bakteri *Endofit*. Bar adalah persentase removal rata-rata, standar error menunjukkan error dengan n= 3

Pada gambar 4. 14 dapat dilihat bahwa sama seperti hasil kadar warna pada reaktor bakteri endogen, pada reaktor bakteri endofit juga mengalami kenaikan dan penurunan kadar warna dengan trend yang sama dengan reaktor bakteri endogen, yang dimana terjadi kenaikan kadar warna pada hari ke -11 yang diikuti penurunan kadar warna pada hari ke-19. Untuk reaktor bakteri endofit yang memiliki efek paling signifikan dalam menurunkan kadar warna adalah reaktor A3 yang dimana mampu menurunkan kadar warna hingga menjadi sebesar 160,83 Pt-co pada hari ke-19, yang mana juga merupakan satu-satunya reaktor bakteri endofit yang mampu mengolah kadar warna hingga memenuhi standar baku mutu.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan didapat kesimpulan :

1. Didapati bahwa bakteri hasil dari proses isolasi dari sampel tanah dan akar tanaman *Amaranthus Viridis* dan *Eleusine indica* dari TPA piyungan, memiliki morfologi bentuk berupa bulat, dan iregular, margin berupa *entire, undulate, filamentous*, dan *rhizoid, elevataion* berupa *flat* dan *raised*, ukuran berupa *point*, kecil, sedang, dan besar, serta *appearance* berupa *dull*, dan *glistering*. Selain itu diperoleh juga data sebanyak 8 bakteri memiliki sifat gram positif, dan 2 bakteri memiliki sifat gram negatif, serta 8 bakteri memiliki bentuk *basillus*, dan 2 bakteri memiliki bentuk *coccus*.
2. Didapati dari hasil pengujian kemampuan bakteri dalam mengolah kandungan amonia, COD, dan warna, didapati bahwa bakteri yang digunakan mampu mengolah kadar amonia dengan persentase removal pada kisaran 89%- 98%, dengan bakteri terbaik untuk mengolah amonia adalah bakteri T4 (Gram positif, *Bacillus*) dan T5 (Gram positif, *Bacillus*) yang mampu menurunkan kadar amonia hingga 54,59 mg/l (98%), namun masih belum memenuhi kadar baku mutu amonia yang berlaku. Untuk parameter COD didapati bahwa bakteri yang digunakan mampu mengolah COD dengan persentase removal pada kisaran 42%-94%, dengan jenis bakteri terbaik dalam mengolah COD adalah bakteri T4 (Gram positif, *Bacillus*) yang mampu menurunkan kadar COD hingga 202 mg/l (94%), yang mana sudah memenuhi standar baku mutu. Sementara itu untuk parameter warna didapati bahwa bakteri yang digunakan mampu mengolah kadar warna dengan persentase removal pada kisaran 37%-94%, dengan bakteri terbaik dalam mengolah warna adalah T5 (Gram positif, *Bacillus*) yang mampu menurunkan kadar warna hingga 77,5 Pt-co (94%), yang mana sudah memenuhi standar baku mutu.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yakni, untuk penelitian selanjutnya pengujian bakteri endofit dan endogen dapat dilakukan menggunakan reactor wetland bukannya batch reactor sehingga kemampuan bakteri dalam emngolah limbah dapat lebih sesuai karena kondisi dimana bakteri diuji lebih sesuai untuk bakteri endofit dan endogen ketimbang batch reactor. Selain itu disarankan juga untuk penelitian selanjutnya untuk dapat mengumpulkan data dalam rentang waktu yang lebih lama ketimbang adari hari ke-0 sampai hari ke-19 agar data yang didapat dapat lebih lengkap dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abedinzadeh, M., Etesami, H., & Alikhani, H. A. (2019). Characterization of rhizosphere and endophytic bacteria from roots of maize (*Zea mays* L.) plant irrigated with wastewater with biotechnological potential in agriculture. *Biotechnology Reports*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00305>
- Adamski M. and Pietr S. (2019). Biodiversity of Bacteria Associated with Eight *Pleurotus ostreatus* (Fr.) P. Kumm. Strains from Poland, Japan and the USA. *Polish Journal of Microbiology*, Vol.68 (Issue 1), pp. 71-81 doi:<https://doi.org/10.21307/pjm-2019-009>
- Adhikari, B., Dahal, K. R., & Nath Khanal, S. (2008). A Review of Factors Affecting the Composition of Municipal Solid Waste Landfill Leachate Related papers Qualit at ive St udy of Landfill Leachat e from Different Ages of Landfill Sit es of Various Countries A Review of Factors Affecting the Composition of Municipal Solid Waste Landfill Leachate 1*. *Certified International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*, 9001(5).
- Andara, D. R., Haeruddin, & Suryanto, A. (2014). Kandungan Total Padatan Tersuspensi, Biochemical Oxygen Demand dan Chemical Oxygen Demand Serta Indeks Pencemaran Sungai Klampisan di Kawasan Industri Candi, Semarang. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(3), 177–187
- Asrifah, RR. D., Widiarti, I. W., Widhiananto, P. A., Ni'ma, L., Rahman, D. I., Jwalita, A., & Romizah, H. (2021). Groundwater Vulnerability towards Pollution in Area Around the Piyungan Landfill, Bantul Regency, D. I. Yogyakarta. *RSF Conference Series: Engineering and Technology*, 1(1), 432–452. <https://doi.org/10.31098/cset.v1i1.416>

- ATCC. (2021). *Introduction to. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, 12(1s), 1–2. <https://doi.org/10.1145/2820400>
- Baun, A., Jensen, S.D., Bjerg, P., Christensen, T.H., Nyholm, N. (2000). Toxicity of organic chemical pollution in groundwater downgradient of a landfill (Grindsted, Denmark). *Environ. Sci. Technol.* 34, 1647–1652.
- Baun, D. L., & Christensen, T. H. (2004). Speciation of heavy metals in landfill leachate: A review. In *Waste Management and Research* (Vol. 22, Issue 1, pp. 3–23). <https://doi.org/10.1177/0734242X04042146>
- Boonsong K, Monchai C. (2008). Domestic Wastewater Treatment Using Vetiver Grass Cultivated with Floating Platfoam Technique. *AUJT.* 12(2):73-80.
- Boothe, D. D. H., Smith, M. C., Gattie, D. K., & Das, K. C. (2001). Characterization of microbial populations in landfill leachate and bulk samples during aerobic bioreduction. *Advances in Environmental Research* (Vol. 5).
- Brennan, F. P., O’Flaherty, V., Kramers, G., Grant, J., & Richards, K. G. (2010). Long-term persistence and leaching of escherichia coli in temperate maritime soils. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(5), 1449–1455. <https://doi.org/10.1128/AEM.02335-09>
- DalCorso, G., Fasani, E., Manara, A., Visioli, G., & Furini, A. (2019). Heavy metal pollutions: State of the art and innovation in phytoremediation. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(14). <https://doi.org/10.3390/ijms20143412>

- Dias, D. F. C., Possmoser-Nascimento, T. E., Rodrigues, V. A. J., & von Sperling, M. (2014). Overall performance evaluation of shallow maturation ponds in series treating UASB reactor effluent: Ten years of intensive monitoring of a system in Brazil. *Ecological Engineering*, 71, 206–214. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.07.044>
- Endah Pratita, M. Y., & Putra, S. R. (2012). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Termofilik Dari Sumber Mata Air Panas Di Songgoriti Setelah Dua Hari Inkubasi. *Teknik Pomits*, Vol. 1(1), 1–5.
- Etesami, H., & Maheshwari, D. K. (2018). Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) with multiple plant growth promoting traits in stress agriculture: Action mechanisms and future prospects. *Ecotoxicology and Environmental Safety* (Vol. 156, pp. 225–246). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.013>
- Fakhurozi, A., Suhariyanto, T. T., & Faishal, M. (2021). Analysis of Environmental Impact and Municipal Waste Management Strategy: A Case of the Piyungan Landfill, Yogyakarta, Indonesia. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 20(1), 61. <https://doi.org/10.25077/josi.v20.n1.p61-71.2021>
- Francis-Floyd, R., Watson, C., Petty, D., & Pouder, D. (2022). Ammonia in Aquatic Systems. *EDIS*, 2022(4). <https://doi.org/10.32473/edis-fa031-2022>
- Glick, B. R. (2003). Phytoremediation: Synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment. *Biotechnology Advances*, 21(5), 383–393. [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(03\)00055-7](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(03)00055-7)
- Glick, B. R. (2010). Using soil bacteria to facilitate phytoremediation. *Biotechnology Advances* (Vol. 28, Issue 3, pp. 367–374). <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.02.001>

- Garcete, L. A. A., Martinez, J. E. R., Barrera, D. B. V., Bonugli-Santos, R. C., & Passarini, M. R. Z. (2022). Biotechnological potential of microorganisms from landfill leachate: isolation, antibiotic resistance and leachate discoloration. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 94(3). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220210642>
- Gusti Wibowo, Y., Tyaz Nugraha, A., & Rohman, A. (2023). Phytoremediation of several wastewater sources using *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* in Indonesia. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 100781. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100781>
- Hardoim, P. R., van Overbeek, L. S., & Elsas, J. D. van. (2008). Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. *Trends in Microbiology*, 16(10), 463–471. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2008.07.008>
- Irwan, F. (2016). Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik dengan Total Dissolved Solid (TDS) dan Temperatur pada Beberapa Jenis Air. *Jurnal Fisika Unand*, 5(1).
- Jamee. R, dan Romana Siddique. 2019. Biodegradation of Synthetic Dyeas of Textile Effluent by Mikroorganisms: An Enviromentally and Economically Sustainable Approach. *European Journal of Microbiology & Immunology*. 9(4): 114-118
- Janda, J. M., & Abbott, S. L. (2002). Bacterial identification for publication: When is enough enough?. *Journal of Clinical Microbiology* (Vol. 40, Issue 6, pp. 1887–1891). <https://doi.org/10.1128/JCM.40.6.1887-1891.2002>

- Juliani, A., Rahmawati, S., Grazella, A. J., Yulianto, A., & Asmarani, A. (2019). Toxicity Analysis of Effluent of Leachate Treatment Facility of Piyungan Landfill Using *Cyprinus carpio* . *MATEC Web of Conferences*, 280, 03008. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201928003008>
- Kanmani, S., & Gandhimathi, R. (2013). Assessment of heavy metal contamination in soil due to leachate migration from an open dumping site. *Applied Water Science*, 3(1), 193–205. <https://doi.org/10.1007/s13201-012-0072-z>
- Kardena, E., Hidayat, S., Nora, S., & Helmy, Q. (2017). Biological Treatment of Synthetic Oilfield-Produced Water in Activated Sludge Using a Consortium of Endogenous Bacteria Isolated from A Tropical Area. *Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology*, 08(03). <https://doi.org/10.4172/2157-7463.1000331>
- Kasam, Sarto, Syamsiah, S., & Prasetya, A. (2016). Pattern of Characteristics of Leachate Generation from Municipal Solid Waste Landfill by Lysimeter Experiment. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(10), 768–771. <https://doi.org/10.18178/ijesd.2016.7.10.877>
- Keenan, J. D., Steiner, R. L., & Fungaroli, A. A. (1984). Landfill Leachate Treatment. *Journal (Water Pollution Control Federation)* (Vol. 56, Issue 1).
- Liu, S. H., Zeng, G. M., Niu, Q. Y., Liu, Y., Zhou, L., Jiang, L. H., Tan, X. fei, Xu, P., Zhang, C., & Cheng, M. (2017). Bioremediation mechanisms of combined pollution of PAHs and heavy metals by bacteria and fungi: A mini review. *Bioresource Technology* (Vol. 224, pp. 25–33). <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.11.095>

- Ma, L., Yang, L., Liu, W., Zhang, Y., Zhou, Q., Wu, Z., & He, F. (2021). Effects of root exudates on rhizosphere bacteria and nutrient removal in pond-ditch circulation systems (PDCSs) for rural wastewater treatment. *Science of the Total Environment*, 785. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147282>
- Mertoglu, B., Calli, B., Inanc, B., & Ozturk, I. (2006). Evaluation of in situ ammonia removal in an aerated landfill bioreactor. *Process Biochemistry*, 41(12), 2359–2366. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2006.06.014>
- Morella, N.M., Weng, F.C.H., Joubert, P.M., Metcalf, C.J.E., Lindow, S., Koskella, B. (2020). Successive passaging of a plant-associated microbiome reveals robust habitat and host genotype-dependent selection. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 117 (2), 1148–1159.
- Morris, S., Garcia-Cabellos, G., Enright, D., Ryan, D., & Enright, A.-M. (2018). Bioremediation of Landfill Leachate Using Isolated Bacterial Strains. *International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation*, 6(1), 26–35. <https://doi.org/10.12691/ijebb-6-1-4>
- Nursetiawan, Shaylinda, N. M. Z., Amani, N. F. M. K., Mohd-Salleh, S. N. A., & Shahar, M. S. (2020). Investigation of heavy metals pollution in Piyungan Landfill underground and surface water. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 498(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/498/1/012080>
- Petti, C.A., C.R. Polage dan P. Schreckenberger. (2005). The Role of 16S rRNA Gene Sequencing in Identification of Microorganisms Misidentified by Conventional Methods. *Journal of Clinical Microbiology*, 12 (43) : 6123–6125.

- Remmas, N., Roukouni, C., & Ntougias, S. (2017). Bacterial community structure and prevalence of Pusillimonas-like bacteria in aged landfill leachate. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(7), 6757–6769. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8416-8>
- Parvin, F., & Tareq, S. M. (2021). Impact of landfill leachate contamination on surface and groundwater of Bangladesh: a systematic review and possible public health risks assessment. *Applied Water Science* (Vol. 11, Issue 6). <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01431-3>
- Sari.R.N., dan Afdal. (2017). Karakteristik Air Lindi (Leachate) di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang. *Jurnal Fisika Unad*. 6(1): 93-99.
- Sharma, P. (2021). Efficiency of bacteria and bacterial assisted phytoremediation of heavy metals: An update. *Bioresource Technology* (Vol. 328). <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124835>
- Shehzadi, M., Fatima, K., Imran, A., Mirza, M. S., Khan, Q. M., & Afzal, M. (2016). Ecology of bacterial endophytes associated with wetland plants growing in textile effluent for pollutant-degradation and plant growth-promotion potentials. *Plant Biosystems*, 150(6), 1261–1270. <https://doi.org/10.1080/11263504.2015.1022238>
- Stefanakis, A. I. (2019). Constructed wetlands case studies for the treatment of water polluted with fuel and oil hydrocarbons. *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants*, (Vol. 6, pp. 151–167). https://doi.org/10.1007/978-3-319-99651-6_6

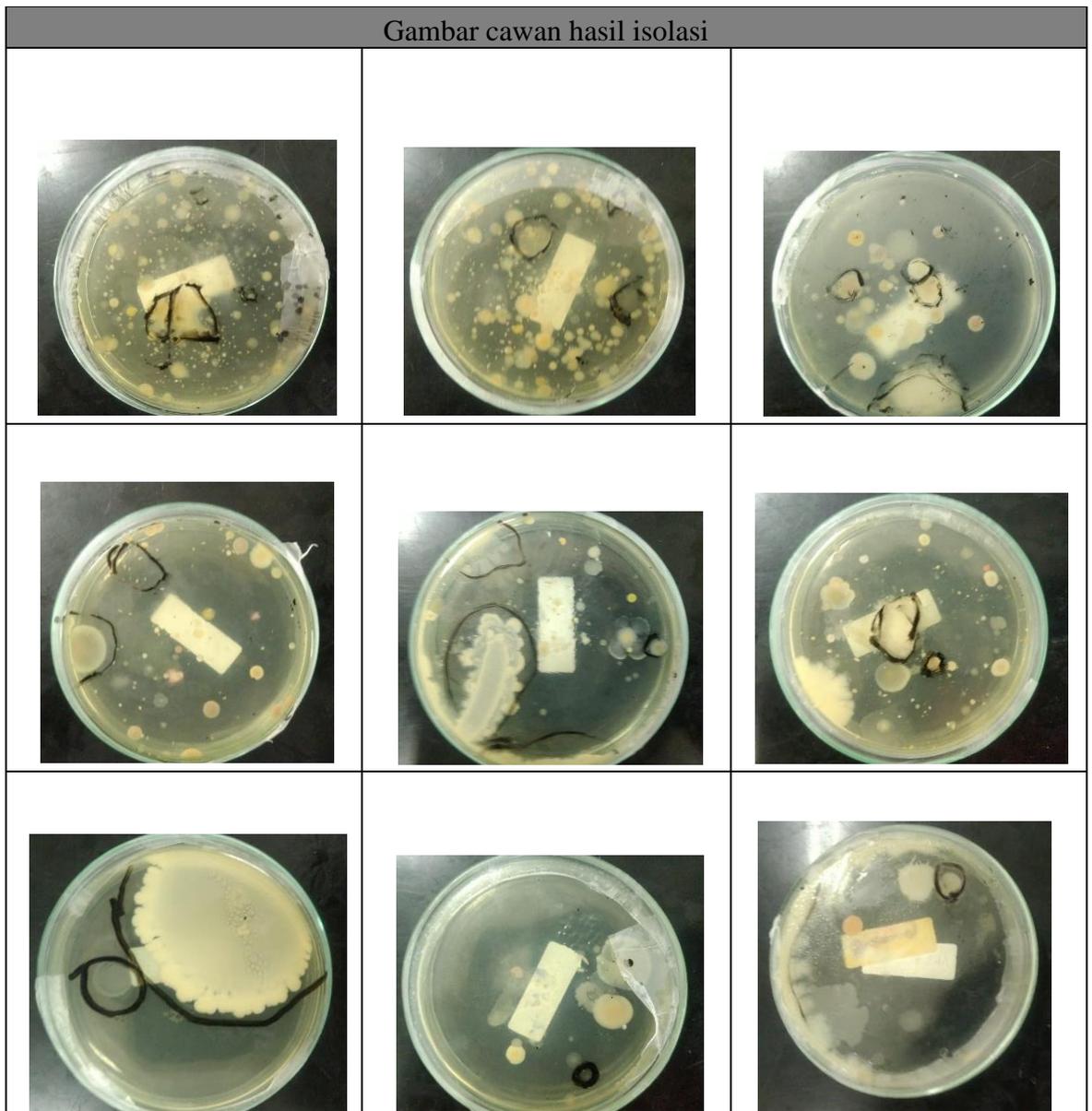
Sudiby, H., Shabrina, Z. L., Halim, L., & Budhijanto, W. (2017). Mathematical Modelling and Statistical Approach to Assess the Performance of Anaerobic Fixed Bed Reactor for Biogas Production from Piyungan Sanitary Landfill Leachate. *Energy Procedia*, 105, 256–262. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.311>

Yahmed, A. ben, Saidi, N., Trabelsi, I., Murano, F., Dhaifallah, T., Bousselmi, L., & Ghrabi, A. (2009). Microbial characterization during aerobic biological treatment of landfill leachate (Tunisia). *Desalination*, 246(1–3), 378–388. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.04.054>

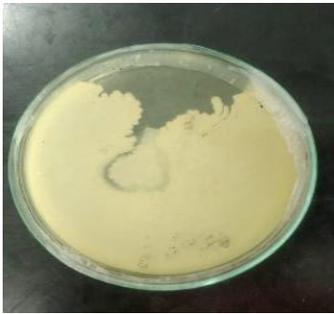
Zamfir, M., Vancanneyt, M., Makras, L., Vaningelgem, F., Lefebvre, K., Pot, B., Swings, J., & de Vuyst, L. (2006). Biodiversity of lactic acid bacteria in Romanian dairy products. *Systematic and Applied Microbiology*, 29(6), 487–495. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2005.10>

LAMPIRAN

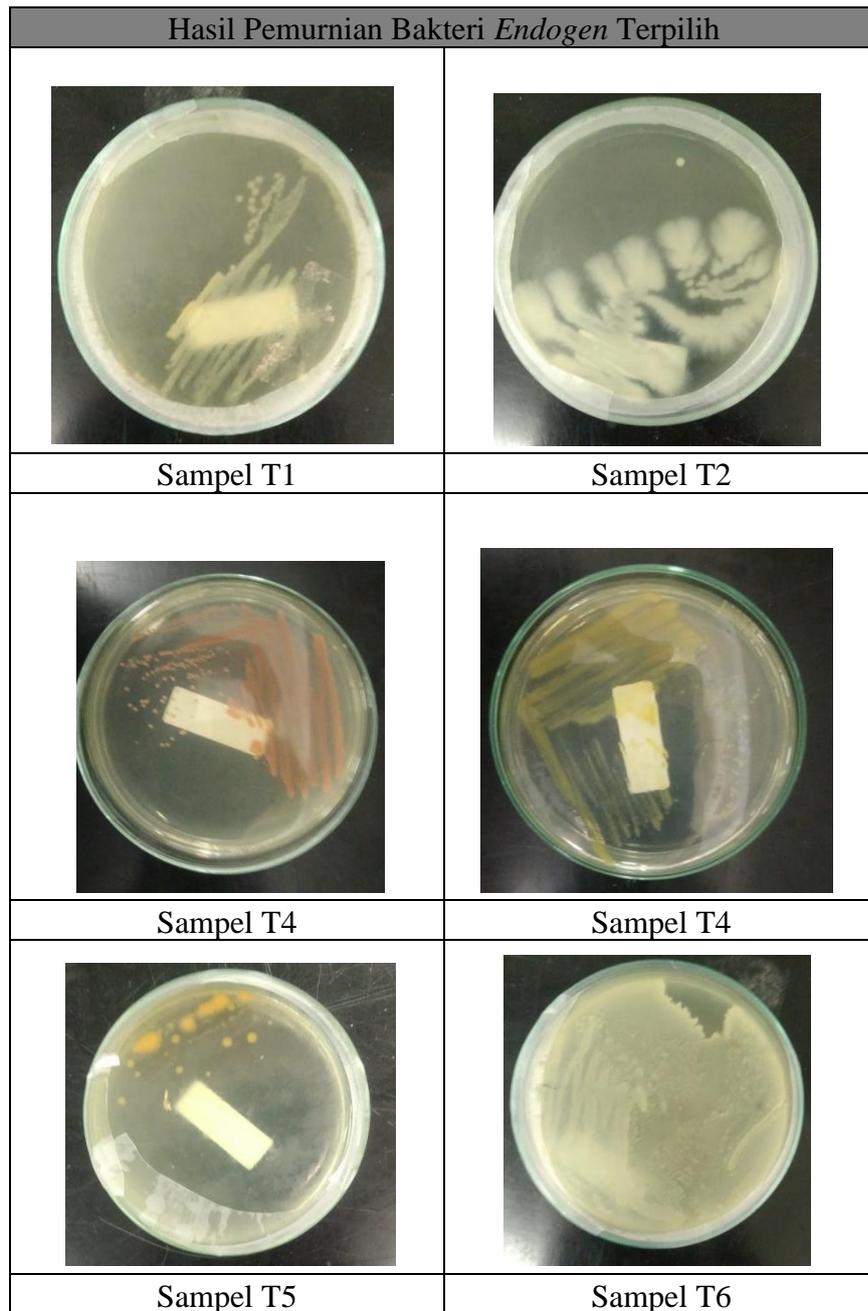
Lampiran 1 Cawan Hasil Isolasi Bakteri *Endogen* dan *Endofit* dari Sampel Tanah dan Akar Tanaman *Amaranthus viridis* dan *Eleusine indica* dari TPA Piyungan



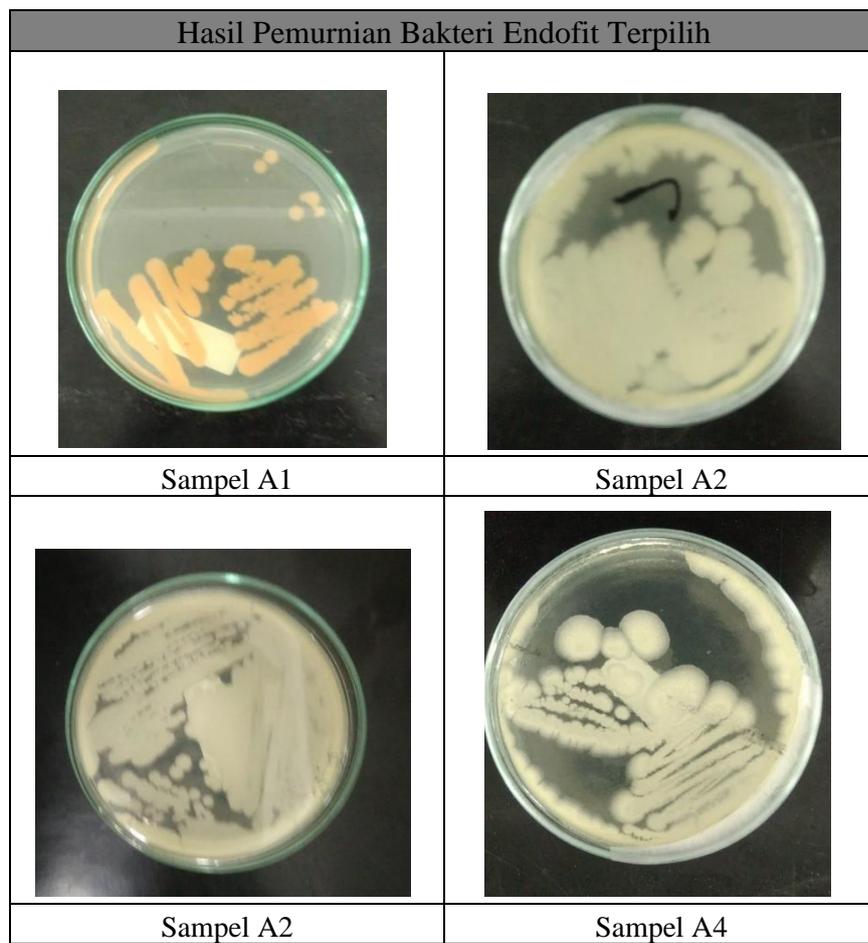
Gambar cawan hasil isolasi



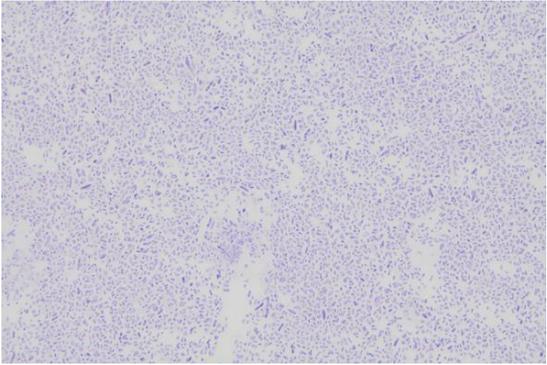
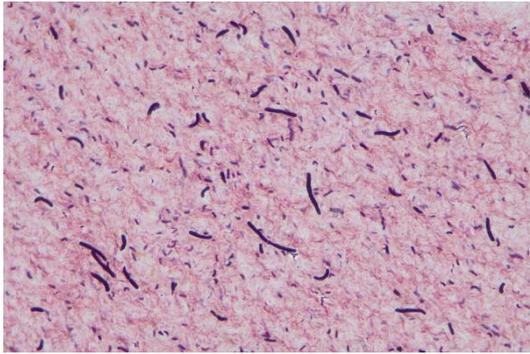
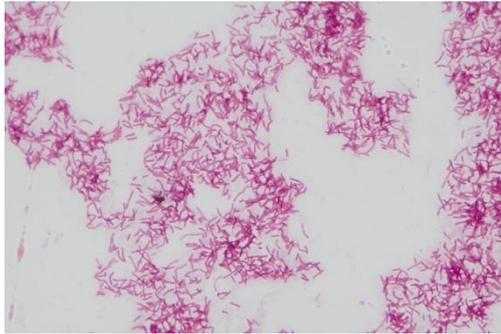
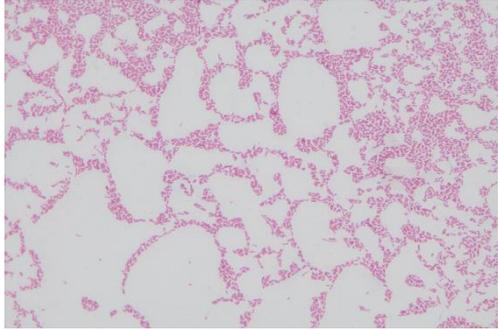
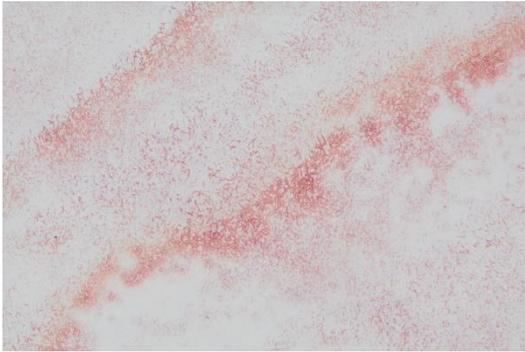
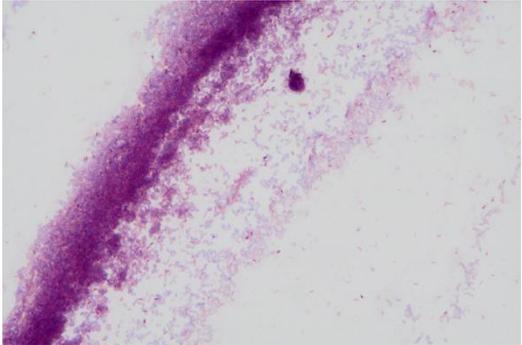
Lampiran 2 Gambar Hasil Pemurnian Bakteri Endogen terpilih dari Sampel Tanah
TPA Piyungan



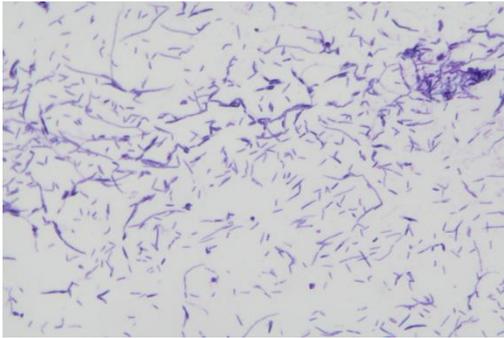
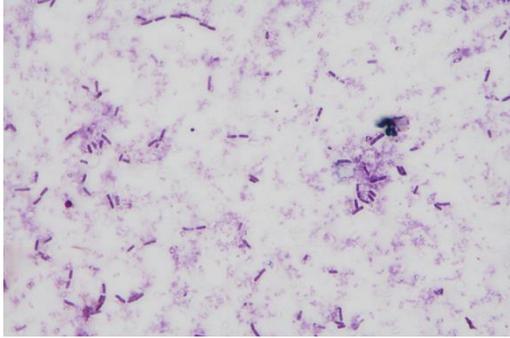
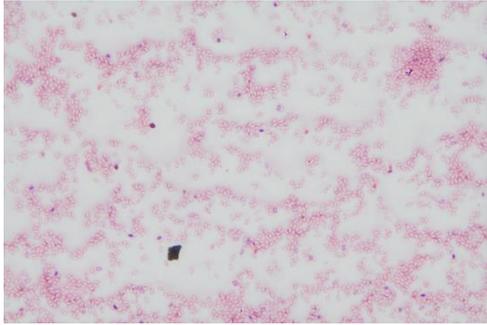
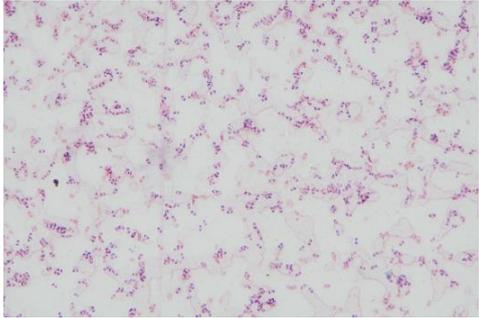
Lampiran 3 Gambar Hasil Pemurnian Bakteri *Endofit* Terpilih dari Akar Tanaman dari TPA Piyungan

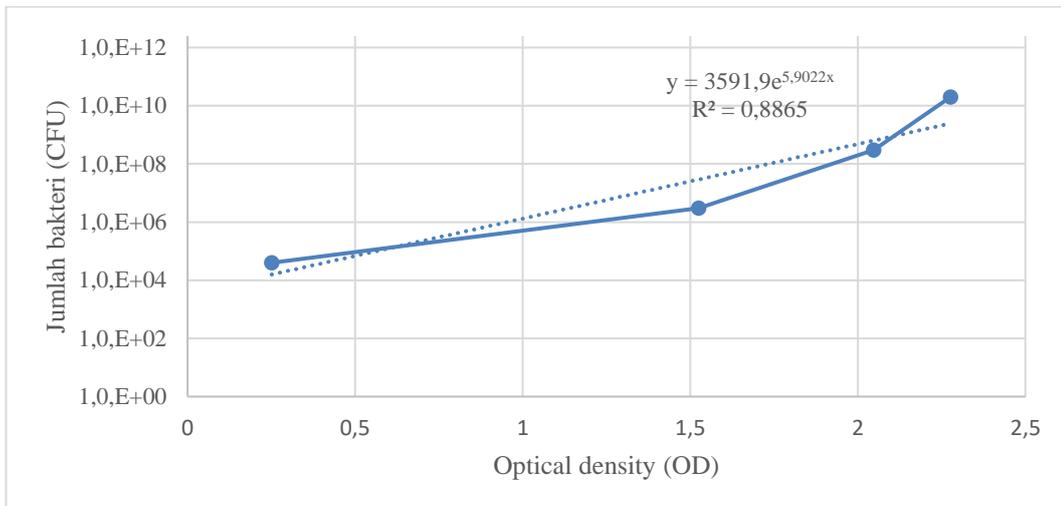


Lampiran 4 Gambar Hasil Pewarnaan Gram bakteri *Endogen* Terpilih dari Sampel Tanah TPA Piyungan

Hasil Pewarnaan Gram 100x Perbesaran	
	
Sampel T1	Sampel T2
	
Sampel T3	Sampel T4
	
Sampel T5	Sampel T6

Lampiran 5 Gambar Hasil Pewarnaan Gram Bakteri Endofit Terpilih dari Sampel Akar Tanaman *Amaranthus viridis* dan *Eleusine indica* dari TPA Piyungan

Hasil Pewarnaan Gram 100x Perbesaran	
	
Sampel A1	Sampel A2
	
Sampel A3	Sampel A4



Lampiran 6 Kurva kalibrasi penentuan jumlah Bakteri *Endogen* dan *Endofit*

Lampiran 7 Tabel Hasil OD Bakteri *Endogen* dan *Endofit*

No	Sampel	Absorpsi	Jumlah Bakteri (CFU)
1	T1	0,433	$4,6 \times 10^4$
2	T2	0,168	$9,6 \times 10^3$
3	T3	0,014	$3,9 \times 10^3$
4	T4	0,621	$1,4 \times 10^5$
5	T5	0,592	$1,2 \times 10^5$
6	T6	0,486	$6,3 \times 10^4$
7	A1	0,07	$5,4 \times 10^3$
8	A2	0,357	$2,9 \times 10^4$
9	A3	0,353	$2,9 \times 10^4$
10	A4	0,188	$1,1 \times 10^4$

Lampiran 8 Tabel Hasil Pendataan Suhu Air Lindi pada Reaktor

Hari	Kontrol	T1	T2	T3	T4	T5	T6	A1	A2	A3	A4
0	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3
2	25	26,2	25,6	25,5	26,2	25	25,8	25,6	26,2	25	25,5
3	26,5	25,9	25,2	25,9	26,1	25	25,9	25	26,3	25	25,1
4	23,7	23,7	23,5	23,7	23,8	23,5	23,7	23,4	23,4	23,5	23,4
5	22,1	18,7	21,5	18,8	18,9	21,6	18,5	21,7	21,6	21,8	21,5
6	22,2	22,2	22,3	22,2	22,3	22,6	22,3	21,9	22,4	21,9	22,7
7	22,4	22,3	21,9	22,3	22,3	22	22,3	22	22	22,1	21,9
8	21,76	21,6	21,4	21,3	21,5	21,8	21,3	21,7	21,5	21,7	21,6
9	23	23,2	19,5	21,8	23	21,9	23,1	21,7	23,5	21,9	23
10	24,7	24	23,9	24	24	24,1	24	24,3	24,2	24,2	24
11	24,2	24,2	24,5	24,2	24,1	24,4	24,2	24,4	24,1	24	24,4
12	26,5	26,2	26	26,1	26,4	25,9	26,3	26,2	26,2	26,1	26
13	24,4	23,9	24,1	23,9	24	24	23,9	24	24	24,1	24,1
14	22,9	23,3	23	23	23,2	22,9	23,2	22,9	23,2	22,9	22,8
15	23,6	23,8	23,7	23,9	23,9	23,7	23,9	23,7	23,8	23,6	23,7
16	24,7	25	25	24,9	24,9	24,8	25	24,8	25	24,7	24,8
17	23	24	24	23,9	23,9	23,8	23,9	23,6	24	23,6	23,8
18	25,4	24,3	24,5	24,6	24,8	24,8	24,6	25	25	25,2	24,6
19	22,5	22,5	22,2	22,4	22,4	22	22,5	22,2	22,4	22,2	22,2

Lampiran 9 Tabel Hasil Pendataan pH Air Lindi pada Reaktor

Hari	Kontrol	T1	T2	T3	T4	T5	T6	A1	A2	A3	A4
0	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88
2	8,57	8,6	8,63	8,59	8,63	8,61	8,6	8,58	8,6	8,57	8,6
3	8,55	8,56	8,58	8,58	8,6	8,58	8,63	8,55	8,59	8,59	8,57
4	8,6	8,6	8,61	8,6	8,58	8,6	8,64	8,57	8,64	8,67	8,58
5	8,74	8,71	8,7	8,7	8,63	8,71	8,67	8,65	8,64	8,65	8,72
6	8,56	8,64	8,68	8,68	8,65	8,66	8,65	8,62	8,63	8,74	8,72
9	8,7	8,64	8,73	8,71	8,7	8,77	8,63	8,79	8,62	8,9	8,79
10	8,72	8,61	8,66	8,7	8,72	8,7	8,61	8,77	8,01	8,89	8,68
11	8,71	8,72	8,69	8,77	8,82	8,73	8,69	8,77	8,72	8,87	8,77
12	8,83	8,76	8,72	8,78	8,81	8,83	8,72	8,74	8,69	8,9	8,74
18	9,23	8,98	9,05	8,93	8,96	9,13	8,98	9,06	8,91	9,07	9,07
19	9,06	9,02	9,09	9,04	9,04	9,14	9,08	9,04	9,05	9,06	9,08

Lampiran 10 Tabel Hasil Pendataan Kadar DO Air Lindi pada Reaktor

Hari	Kontrol	T1	T2	T3	T4	T5	T6	A1	A2	A3	A4
1	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
2	0,4	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	0,1	0,05	0,1	0,11
3	0,06	0,06	0,07	0,06	0,03	0,06	0,07	0,07	0,06	0,11	0,07
4	0,11	0,06	0,09	0,06	0,11	0,15	0,03	0,2	0,06	0,15	0,06
10	0,13	0,22	0,1	0,09	0,09	0,2	0,12	0,07	0,07	0,1	0,12
18	3,13	2,37	3,25	2,6	2,09	2,98	2,59	1,28	3,29	2,84	2,6

Lampiran 11 Tabel Hasil Pendataan Kadar EC Air Lindi pada Reaktor

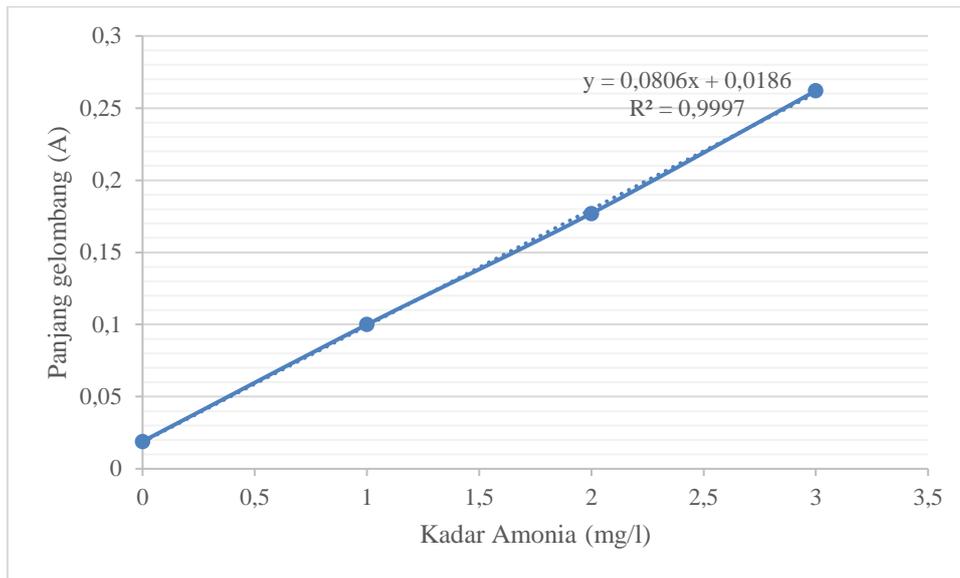
Hari	Kontrol	T1	T2	T3	T4	T5	T6	A1	A2	A3	A4
0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
2	3220	4010	4010	4760	4090	3190	4080	4010	4040	4090	3960
3	3080	3890	3890	4680	4000	3100	3960	3930	3840	3960	3890
4	2960	3790	3810	4560	3860	2970	3860	3330	3740	3790	3800
5	2760	3690	3670	4520	3780	2860	3820	3750	3700	3700	3720
6	2920	3670	3570	4480	3720	2880	3740	3770	3570	3760	3680
7	2760	3630	3620	4450	3760	2780	3770	3700	3660	3650	3640
8	2680	3570	3590	4430	3700	2740	3730	3600	3570	3530	3560
9	2670	3040	3520	4400	3660	2650	3620	3540	3550	3460	3490
10	2690	3530	3470	4300	3650	2630	3640	3450	3530	3500	3496
11	2650	3440	3510	4360	3630	2610	3620	3490	3500	3500	3430
12	2710	3420	3470	4300	3530	2580	3630	3550	3490	3520	3490
13	2610	3400	3350	4310	3570	2540	3590	3440	3480	3460	3910
14	2690	3490	3510	4330	3620	2600	3580	3510	3440	3580	3480
15	2690	3420	3530	4250	3560	2610	3650	3480	3480	3570	3420
16	2650	3420	3410	4220	3560	2560	3540	3460	3470	3450	3370
17	2940	3470	3470	4250	3500	2560	3590	3540	3520	3520	3420
18	2690	3500	3460	4280	3600	2540	3640	3480	3040	3390	3410
19	2690	3560	3470	4380	3680	2610	3580	3560	3540	3570	3450

Lampiran 12 Tabel Hasil Pendataan Kadar ORP Air Lindi pada Reaktor

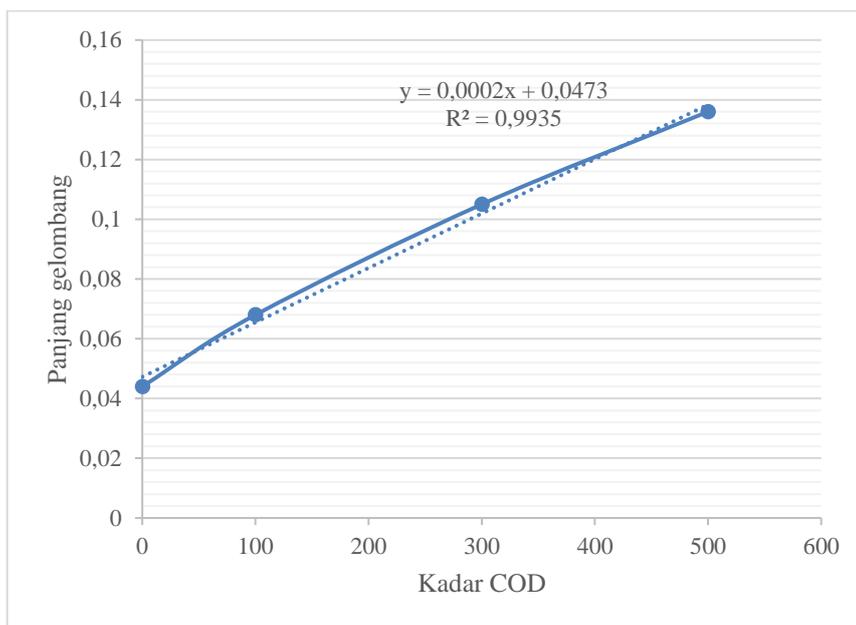
Hari	Kontrol	T1	T2	T3	T4	T5	T6	A1	A2	A3	A4
2	-88	-91	-93	-91	-93	-92	-91	-89	-91	-89	-91
3	-89	-89	-91	-91	-92	-91	-92	-88	-91	-91	-89
4	-92	-91	-91	-91	-84	-90	-94	-89	-94	-95	-90
5	-98	-95	-96	-95	-90	-97	-94	-93	-93	-94	-96
6	-87	-92	-90	-94	-92	-94	-95	-91	-93	-99	-96
9	-97	-91	-97	-96	-97	-100	-93	-102	-93	-107	-102
10	-99	-91	-93	-96	-97	-96	-93	-102	-94	-107	-97
11	-96	-99	-97	-102	-104	-101	-95	-99	-97	-107	-99
12	-104	-100	-100	-100	-103	-105	-100	-100	-98	-109	-99
18	-130	-116	-122	-116	-119	-127	-119	-122	-114	-124	-124
19	-118	-118	-122	-118	-116	-124	-124	-118	-118	-120	-121

Lampiran 13 Tabel Hasil Pendataan Kadar TDS Air Lindi pada Reaktor

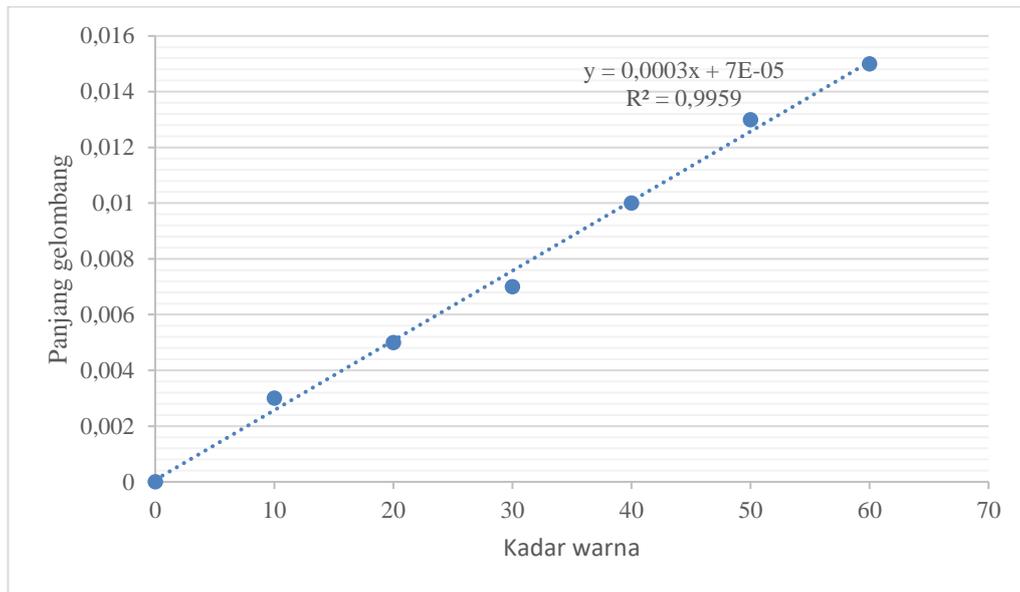
Hari	Kontrol	T1	T2	T3	T4	T5	T6	A1	A2	A3	A4
0	1710	1710	1710	1710	1710	1710	1710	1710	1710	1710	1710
2	1620	2000	2000	2400	2040	1600	2050	2010	2000	2020	2000
3	1540	1930	1940	2320	1970	1940	2010	1970	1920	1980	1950
4	1490	1980	1920	2280	1930	1480	1920	1910	1870	1980	1890
5	1390	1850	1840	2260	1900	1430	1900	1860	1840	1860	1820
6	1450	1790	1780	2210	1870	1390	1890	1850	1800	1840	1790
7	1380	1800	1810	2200	1880	1390	1880	1850	1830	1830	1810
8	1330	1780	1790	2210	1860	1370	1870	1800	1780	1770	1780
9	1320	1770	1760	2200	1830	1330	1840	1770	1770	1740	1750
10	1320	1760	1740	2200	1830	1310	1820	1720	1770	1750	1740
11	1340	1730	1750	2180	1810	1300	1810	1750	1750	1750	1710
12	1370	1710	1740	2170	1800	1300	1740	1750	1690	1760	1680
13	1340	1670	1710	2100	1750	1260	1800	1710	1710	1720	1680
14	1360	1680	1720	2150	1780	1250	1810	1780	1760	1770	1740
15	1350	1710	1770	2170	1780	1270	1790	1750	1770	1750	1730
16	1320	1720	1710	2120	1720	1260	1780	1730	1740	1730	1680
17	1920	1730	1740	2130	1810	1280	1800	1770	1760	1760	1710
18	1300	1750	1730	2130	1800	1220	1820	1740	1780	1640	1700
19	1350	1770	1750	2150	1800	1300	1840	1740	1800	1750	1670



Lampiran 14 Kurva Kalibrasi Pengujian Kadar Amonia



Lampiran 15 Kurva Kalibrasi Pengujian Kadar COD



Lampiran 16 Kurva Kalibrasi Pengujian Kadar Warna

Lampiran 17 Tabel Hasil Konsentrasi Ammonia dan Persentase Removalnya pada Reaktor Pengujian

Sampel	Hasil Uji Amonia				Persentase Removal
	Hari Ke-0	Hari Ke-5	Hari Ke-11	Hari-Ke-19	
Kontrol	3431,76	923,08	575,68	91,81	97%
T1	3431,76	1791,56	401,98	377,17	89%
T2	3431,76	1208,44	488,83	401,98	88%
T3	3431,76	935,48	327,54	364,76	89%
T4	3431,76	947,89	885,86	54,59	98%
T5	3431,76	1059,55	451,61	54,59	98%
T6	3431,76	1096,77	575,68	339,95	90%
A1	3431,76	1233,25	625,31	389,57	89%
A2	3431,76	1282,88	563,27	265,50	92%
A3	3431,76	1009,93	476,43	79,40	98%
A4	3431,76	923,08	600,50	426,80	88%

Lampiran 18 Tabel Hasil Uji Konsentrasi COD dan Persentase Removalnya pada Reaktor Pengujian

Sampel	Hasil Uji COD				Persentase Removal
	Hari Ke-0	Hari Ke-5	Hari Ke-11	Hari Ke-19	
Kontrol	3170	4275,00	4815,00	577,50	82%
T1	3170	1735,82	310,00	1440,00	55%
T2	3170	3150,00	4140,00	1665,00	47%
T3	3170	1683,53	952,50	202,50	94%
T4	3170	1683,53	952,50	202,00	94%
T5	3170	1788,10	1918,82	1852,00	42%
T6	3170	925,00	2398,53	1440,00	55%
A1	3170	6925,00	9400,00	6052,00	-91%
A2	3170	4712,50	2447,55	1627,50	49%
A3	3170	3275,00	2390,36	3765,00	-19%
A4	3170	2650,00	4365,00	2640,00	17%

Lampiran 19 Tabel Hasil Uji Konsentrasi Warna dan Persentase Removalnya pada Reaktor Pengujian

Sampel	Hasil Uji Warna				Persentase Removal
	Hari Ke-0	Hari Ke-5	Hari Ke-11	Hari Ke-19	
Kontrol	1266,11	321,67	1133,06	799,72	37%
T1	1266,11	488,33	577,50	216,39	83%
T2	1266,11	377,22	855,28	410,83	68%
T3	1266,11	488,33	716,39	466,39	63%
T4	1266,11	432,78	577,50	327,50	74%
T5	1266,11	432,78	1188,61	77,50	94%
T6	1266,11	488,33	521,94	633,06	50%
A1	1266,11	377,22	855,28	744,17	41%
A2	1266,11	377,22	1049,72	771,94	39%
A3	1266,11	266,11	938,61	160,83	87%
A4	1266,11	321,67	799,72	521,94	59%

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Kecamatan talang ubi Sumatera selatan pada, 6 november 2001, penulis merupakan putra sulung dari Bapak Sunarto dan Ibu Lita Agustina. Penulis menempuh pendidikan di SMA Swasta YKPP Pendopo dan melanjutkan pendidikan S-1 jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia tahun 2019. Penulis aktif pada kegiatan Akademik di kampus serta beberapa seminar terkait topik lingkungan baik itu di lingkungan internal ataupun eksternal universitas. Penulis melakukan Kerja Praktik di Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilie (PALI) dengan topik Pengolahan sampah di kabupaten PALI. Sedangkan untuk menyelesaikan masa studi Pendidikan Strata 1 (S1) di Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, penulis melakukan penelitian dengan judul “Identifikasi Bakteri Endofit dan Endogen Potensial Pada Tanah dan Akar Tanaman di TPA Piyungan”.