

TA/TL/2023/1732

TUGAS AKHIR
ISOLASI BAKTERI SPESIFIK DARI BAK AERASI
IPAL LINDI TPA PIYUNGAN KABUPATEN BANTUL,
YOGYAKARTA

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



FINA MUYASSARAH
19513034

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2019

TUGAS AKHIR
ISOLASI BAKTERI SPESIFIK DARI BAK AERASI
IPAL LINDI TPA PIYUNGAN KABUPATEN BANTUL,
YOGYAKARTA

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



FINA MUYASSARAH
19513034
Disetujui,

Pembimbing 1 :

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M. Eng
NIK. 165131306
Tanggal: 16/08/2023

Pembimbing 2 :

Dewi Wulandari, S. Hut., M. Agr., Ph. D
NIK. 185130401
Tanggal: 24/10/2023

Mengetahui,*
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S. T., M. Sc. (RES.Eng), Ph. D
NIK: 04513401
Tanggal : 24/10/2023

HALAMAN PENGESAHAN*

**ISOLASI BAKTERI SPESIFIK DARI BAK AERASI
IPAL LINDI TPA PIYUNGAN KABUPATEN BANTUL,
YOGYAKARTA**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari : Selasa
Tanggal : 24 Oktober 2023**

Disusun Oleh:

**FINA MUYASSARAH
19513034**

Tim Penguji :

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

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

Dr. Hijrah Purnama Putra, S. T., M. Eng



Three handwritten signatures are present, each enclosed in a pair of parentheses. The top signature is the most legible, appearing to read 'Aldilla'. The middle signature is less legible, and the bottom signature is also less legible, possibly reading 'Hijrah'.

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,



Fina Muyassarah

NIM: 19513034

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 Spesifik dari Bak Aerasi IPAL Lindi TPA Piyungan Kabupaten Bantul, Yogyakarta.**

Dalam 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 diberikan kemudahan untuk segala urusannya.
2. Ibu dan Alm. Ayah yang selalu mendukung dan percaya kepada penulis.
3. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S. T., M. Eng selaku pembimbing I dan Ibu Dewi Wulandari, S. Hut., M. Agr., Ph. D selaku dosen pembimbingan II dan Bapak Dr. Hijrah Purnama Putra, S. T., M. Eng selaku *reviewers* dan penguji sidang skripsi yang telah memberikan banyak bimbingan dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi.
4. Para dosen, laboran, serta pihak akademik yang selama ini telah memberikan ilmu maupun fasilitas yang bermanfaat untuk penulis selama proses menempuh Pendidikan di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
5. Tim Weatland yang sangat membantu dalam penyelesaian pengerjaan Tugas Akhir Fetria, Diana, dan Tito yang telah mengingatkan, mendukung, serta membantu hingga akhir.
6. Teman – teman terdekat penulis Butar, Dedi, Werda, Musawir, Desy, Tora, dan Ayar yang selama ini telah mendukung, mengingatkan, menemani, dan membantu penulis selama perkuliahan.

7. Terima kasih kepada Sandi fatih alam yang selalu percaya dan memberi semangat kepada penulis.
8. Teman – teman Program Studi Teknik Lingkungan Angkatan 2019
9. Pihak – pihak lain yang telah membantu penulis selama perkuliahan di Teknik Lingkungan UII.

Yogyakarta, tanggal submit TA

Fina Muyassarah

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

FINA MUYASSARAH. Isolasi Bakteri Spesifik dari Bak Aerasi IPAL Lindi TPA Piyungan Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Dibimbing oleh Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S. T., M. Eng. dan DEWI WULANDARI, S. Hut., M. Agr., Ph. D.

Penimbunan sampah akan menghasilkan air lindi, air lindi merupakan cairan dari sampah yang mengandung unsur terlarut dan tersuspensi. Dampak yang ditimbulkan lindi jika konsentrasinya telah melampaui ambang batas Baku Mutu Air Limbah Domestik dapat memengaruhi kualitas air di sekitarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi karakteristik bakteri yang memiliki potensi mendegradasi beberapa zat pencemar seperti COD, ammonia dan warna pada air lindi. Bakteri yang akan digunakan dalam penelitian ini diambil dari air lindi dan endapan pada unit aerasi 1 dan 2 di IPAL lindi TPA Piyungan. Terdapat 10 bakteri terpilih berdasarkan jumlah bakteri dominan dan morfologi spesifik yang dimasukkan ke dalam *batch reactor* untuk menguji kemampuan bakteri dalam mendegradasi polutan air lindi selama 19 hari. Dari hasil pengujian karakteristik bakteri yang mampu mengolah parameter COD dengan persen removal tertinggi yaitu 97% dan ammonia sebesar 99,9% adalah bakteri (A1)5 yang memiliki sifat positif dan memiliki bentuk sel *coccus*, serta bakteri (A1)4 mampu mereduksi zat warna tertinggi yaitu 57% dengan sifat gram positif dan memiliki bentuk sel *coccus*.

Kata kunci: Air lindi, Bakteri

ABSTRACT

FINA MUYASSARAH. *Isolation of specific bacteria from the aeration basin of leachate WWTP of Piyungan landfill in Bantul Regency, Yogyakarta. Supervised by Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S. T., M. Eng. and DEWI WULANDARI, S. Hut., M. Agr., Ph. D.*

Landfilling will produce leachate, leachate is a liquid from waste that contains dissolved and suspended elements. The impact caused by leachate if the concentration has exceeded the threshold of the Domestic Wastewater Quality Standard can affect the surrounding water quality. The purpose of this study is to identify the characteristics of bacteria that have the potential to degrade several pollutants such as COD, ammonia and color in leachate water. The bacteria to be used in this study were taken from leachate water and sludge in aeration units 1 and 2 at the Piyungan landfill leachate WWTP. There were 10 selected bacteria based on the number of dominant bacteria and specific morphology that were put into a batch reactor to test the ability of bacteria to degrade leachate water pollutants for 19 days. From the results of testing the characteristics of bacteria that are able to process COD parameters with the highest percent removal of 97% and ammonia of 99.9% are bacteria (A1)5 which has positive properties and has a coccus cell shape, and bacteria (A1)4 is able to reduce the highest dye of 57% with gram-positive properties and has a coccus cell shape.

Keywords : *Leachate, Bacteria*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Asumsi Penelitian	3
1.6 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Lindi (<i>Leachate</i>)	5
2.2 Bakteri.....	8
2.3 Tempat Pembuangan Akhir	10
2.4 Instalasi Pengolahan Air Lindi	10
2.5 Parameter Uji.....	11
2.6 Reaktor Aerasi	13
2.7 Penelitian Terdahulu.....	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Prosedur Analisis Data.....	17
3.4 Metode Penelitian.....	17
3.4.1 Metode Sampling Air Lindi.....	17
3.4.2 Metode Pengujian	17
3.5 Isolasi Bakteri.....	19

3.6 Karakterisasi Bakteri.....	20
3.6.1 Marfologi Bakteri	20
3.6.2 Pewarnaan Gram.....	22
3.7 Pemurnian Bakteri	23
3.8 Kultur Bakteri.....	24
3.9 Inokulasi Bakteri.....	26
3.9.1 Persiapan Air Lindi pada Reaktor.....	26
3.9.2 Persiapan Reaktor	27
3.7 Parameter Uji.....	28
3.8 Analisis Data	32
3.9 Perhitungan Jumlah Bakteri	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Isolasi Bakteri	31
4.2 Hasil Seleksi Morfologi Bakteri Terpilih.....	32
4.3 Analisis Parameter Kimia.....	34
4.3.1 Konsentrasi COD dan Persen Removal COD.....	34
4.3.2 Konsentrasi Amonia dan Persen Removal Amonia.....	37
4.3.3 Konsentrasi Warna dan Persen Removal Warna	40
4.4 Hasil Parameter Fisika.....	43
4.5 Perhitungan Jumlah Bakteri	46
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	56
RIWAYAT HIDUP.....	69

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi air lindi di TPA Piyungan.....	7
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu.....	14
Tabel 3. 1 Kode Reactor	27
Tabel 3. 2 Jumlah bakteri untuk pengolahan air lindi	28
Tabel 3. 3 Acuan metode pengujian	29
Tabel 3. 4 Peraturan baku mutu	33
Tabel 4. 1 Kode dan Morfologi Bakteri aerasi	31
Tabel 4. 2 Hasil morfologi air aerasi dan endapan aerasi.....	33
Tabel 4. 4 Hasil Data Pengukuran Parameter Fisik - Kimia.....	43

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Pembuatan Lindi	6
Gambar 2. 2 Bentuk – bentuk bakteri	9
Gambar 3. 1 Lokasi pengambilan sampel.....	16
Gambar 3. 2 Flowchart Penelitian	16
Gambar 3. 3 Tahapan Preparasi Media (Nutrien agar)	17
Gambar 3. 4 Tahapan ekstraksi tanah (endapan).....	18
Gambar 3. 5 Tahapan isolasi bakteri	20
Gambar 3. 6 Morfologi Bakteri	21
Gambar 3. 7 Tahapan Pewarnaan gram	22
Gambar 3. 8 Tahapan Pemurnian Bakteri.....	23
Gambar 3. 9 Tahapan Kultur Bakteri.....	25
Gambar 3. 10 Tahapan persiapan air lindi	26
Gambar 3. 11 Desain Reaktor	28
Gambar 3. 12 Tahapan Uji COD	30
Gambar 3. 13 Tahapan Uji Ammonia.....	31
Gambar 3. 14 Tahapan Uji Warna	32
Gambar 3. 15 Diagram alir Isolasi Bakteri	34
Gambar 4. 1 Grafik hasil pengujian COD	36
Gambar 4. 2 Grafik <i>removal</i> COD.....	37
Gambar 4. 3 Grafik hasil pengujian ammonia.....	39
Gambar 4. 4 Grafik <i>removal</i> ammonia.	40
Gambar 4. 5 Grafik hasil pengujian warna.	42
Gambar 4. 6 Grafik <i>removal</i> ammonia.	42
Gambar 4. 7 Grafik hasil uji DO.....	45

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Morfologi Bakteri Aerasi dan Bakteri Endapan Aerasi	56
Lampiran 1. 2 Hasil Uji COD Minggu 1	58
Lampiran 1. 3 Hasil Uji COD Minggu 2	58
Lampiran 1. 4 Hasil Uji COD Minggu 3	59
Lampiran 1. 5 Hasil Uji Amonia Minggu 1	59
Lampiran 1. 6 Hasil Uji Amonia Minggu 2	60
Lampiran 1. 7 Hasil Uji Amonia Minggu 3	60
Lampiran 1. 8 Hasil Uji Warna Minggu 1	61
Lampiran 1. 9 Hasil Uji Warna Minggu 2	62
Lampiran 1. 10 Hasil Uji Warna Minggu 3	63
Lampiran 1. 11 Pewarnaan Gram Bakteri aerasi dan endapan aerasi	64
Lampiran 1. 12 Reaktor aerasi pengolahan air lindi oleh bakteri	66
Lampiran 1. 13 Pengujian Fisik pada reaktor	66
Lampiran 1. 14 Proses Kultur bakteri	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ada beberapa aktivitas manusia yang menghasilkan sampah atau produk samping yang dapat mencemari lingkungan. Tanah merupakan salah satu unsur fisik dari lingkungan yang digunakan orang untuk membuang sampah yang bersifat padat (Gunawan, 2007). Namun, saat ini juga tanah digunakan sebagai tempat membuang sampah padat maupun cair. Di setiap daerah di Indonesia menghasilkan sampah yang terus meningkat, yang sampai saat ini masih menjadi permasalahan serius bagi lingkungan.

Pada sampah terdapat organisme perombak yang dapat merombak sampah menjadi bagian yang lebih sederhana (Suprihatin, 2019). Bakteri memiliki peranan dalam dekomposisi pendegradasi sampah. Hasil dekomposisi ini terlarut dalam timbunan sampah yang akan menghasilkan cairan yang dikenal sebagai lindi (*leachate*). Lindi itu sendiri adalah cairan dari sampah yang mengandung unsur terlarut dan tersuspensi. Lindi juga mengandung logam bahan organik, anorganik, mikroorganisme, serta logam berat yang cukup tinggi (Ali, 2011).

Proses pengolahan air lindi di Indonesia belum terlaksana dengan baik, seringkali lindi kurang dimanfaatkan dengan optimal. Jika tidak diolah dengan baik bahan pencemar seperti air lindi akan mencemari tanah, air tanah, air permukaan disekitar lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) (Khamid, 2013). Menurut Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY, sistem pengolahan air lindi pada Instalasi pengolahan lindi (IPAL) TPA Piyungan masih belum berjalan secara optimal. Dikarenakan kondisi air lindi yang masih mengandung BOD dan COD yang kadarnya sering melampaui NAB Baku Mutu Air Limbah ketika dibuang di outlet. Hal yang sama juga terjadi di TPA Bakung yang memiliki kadar COD, BOD, TSS, NH₃ dan logam Pb melebihi batas standar. Menurut Ahmat (2018), jeleknya kinerja IPAL TPA Bakung disebabkan rendahnya DO karena pembuangan yang berlebihan pada kolam fakultatif dan pematangan.

Ada beberapa penelitian yang dilakukan terkait identifikasi bakteri pada air lindi salah satunya adalah penelitian yang dilakukan (Khamid, 2012). Identifikasi bakteri aerob yang ada pada air lindi diuji pada 2 laboratorium berbeda. Pada laboratorium kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan, bakteri aerob yang terdapat pada air lindi berupa bakteri yang mendekati karakteristik genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, dan *Escherichia / Salmonella / Aeromonas / Chromobacterium*. Sedangkan, hasil identifikasi yang dilakukan di Laboratorium Pusat Kesehatan di Yogyakarta mendapatkan genus bakteri seperti *Streptococcus* (spesies : *Enterococcus faecalis*), *Escherichia*, dan *Pseudomonas*.

Dampak yang ditimbulkan lindi jika konsentrasinya telah melampaui ambang batasi Baku Mutu Air Limbah Domestik berdasarkan Kep. MNLH no. 112 Tahun 2003 maka dapat mempengaruhi kualitas air di sekitarnya. Seperti yang terjadi di TPST Piyungan bahwa air lindi mengalir sampai ke lahan persawahan milik warga yang mengakibatkan petani mengalami gagal panen. Selain itu, warga sekitar sering merasakan sesak nafas yang disebabkan oleh bau lindi yang tidak diolah dengan benar.

Berdasarkan permasalahan diatas, menjadi dasar dilakukannya penelitian ini. Selain, masih belum adanya penelitian terkait identifikasi bakteri pada air lindi di TPA Piyungan, penelitian ini juga perlu dikaji lebih lanjut untuk mengetahui jenis mikroba apa saja yang terdapat di air lindi dan memastikan bahwa kandungan terkhususnya mikroorganisme dari air lindi tidak memberikan dampak negatif pada lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan masalah diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana karakteristik morfologi dan sifat gram bakteri yang terkandung di dalam sampel air lindi dan endapan bak aerasi I dan II di IPAL lindi TPA Piyungan?
- 2) Bagaimana kemampuan dari bakteri yang berpotensi dalam mendegradasi kandungan COD, NH₃ dan Warna pada air lindi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Mengidentifikasi morfologi bakteri pada unit pengolahan air lindi di TPA Piyungan
- 2) Mengevaluasi kemampuan bakteri potensial yang mampu mendegradasi kandungan COD, NH₃ dan Warna pada air lindi

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut adalah manfaat penelitian :

- 1) Dapat memberikan pengetahuan terhadap peserta didik terkait dengan apa saja jenis bakteri yang terdapat pada unit pengolahan air lindi
- 2) Memberikan informasi serta referensi penelitian lebih lanjut kepada akademisi terkait bakteri yang berpotensi dalam mengolah polutan air lindi

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi dalam penelitian ini adalah bakteri dari air lindi pada bak aerasi dan bakteri dari endapan aerasi yang diisolasi dan diidentifikasi untuk dilihat kemampuan efisiensi removal kadar COD, Ammonia dan Warna.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi hal-hal berikut :

- 1) Lokasi pengambilan sampel air lindi yaitu di area pengelolaan air lindi TPA Piyungan
- 2) Penelitian dilakukan pada skala laboratorium
- 3) Analisis sampel menggunakan metode pewarnaan gram dan kultur bakteri
- 4) Parameter yang diuji berupa mikroba
- 5) Kandungan yang di Analisa antara lain COD, NH₃ dan Warna

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lindi (*Leachate*)

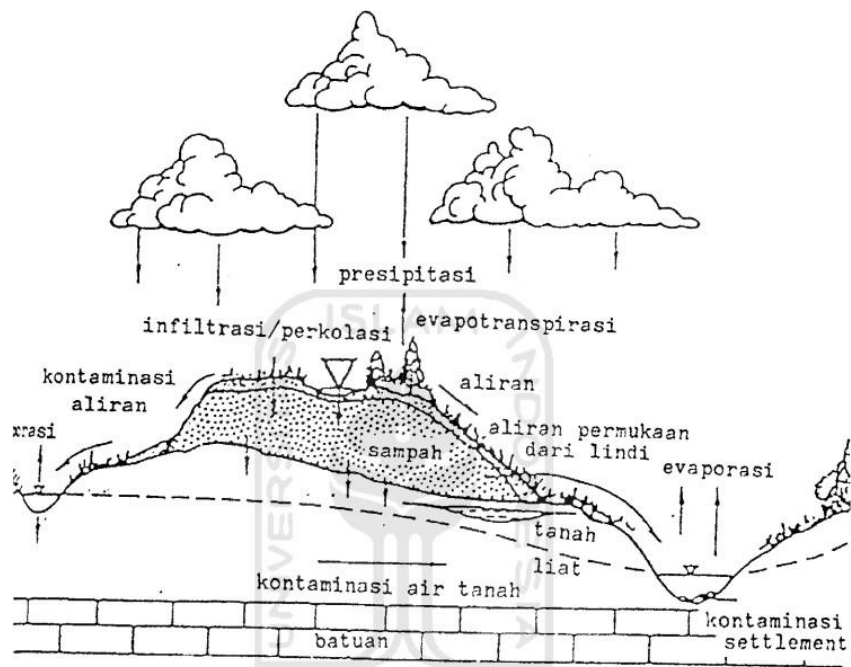
Lindi (*Leachate*) adalah cairan yang meresap melalui sampah atau cairan yang melewati *landfill* dan bercampur serta tersuspensi dengan zat-zat atau materi yang ada dalam tempat penimbunan tersebut. Cairan dalam *landfill* merupakan hasil dari dekomposisi sampah dan cairan yang masuk ke tempat pembuangan seperti aliran atau drainase permukaan, air hujan dan air tanah. Lindi sangat berpotensi menyebabkan pencemaran air, baik air tanah maupun permukaan sehingga perlu ditangani dengan baik (Hardiwidodo et al., 2012). Proses terbentuknya air lindi terjadi karena 2 hal, yaitu cairan yang berasal dari sampah itu sendiri dan cairan yang berasal dari luar, terutama dari air hujan yang jatuh ke lokasi penimbunan sampah. Cairan tersebut kemudian akan mengisi rongga-rongga pada sampah, maka cairan tersebut akan keluar sebagai cairan lindi. Hasil dari proses tersebut maka lindi biasanya mengandung bahan-bahan organik terlarut serta ion-ion anorganik dalam konsentrasi tinggi (Yusuf, Marsudi & Friadi, 2015). Proses pembentukan lindi dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini :

Lindi memiliki komposisi yang bervariasi tergantung dari komposisi sampah maupun aktivitas fisika, kimia dan biologis yang terjadi pada sampah (Rezagama et., 2017). Komposisi lindi yang bervariasi disebabkan oleh interaksi antara komposisi sampah, kondisi lahan, umur sampah, iklim, musim, dan air yang melalui timbunan sampah. Komposisi lindi dipengaruhi juga oleh jenis tanah dan air pada tanah apabila lindi telah keluar dari timbunan sampah (Ali, 2011). Suhu lindi biasanya lebih tinggi dari air tanah biasa. Lindi TPA biasanya cukup keruh, memiliki bau yang sangat kuat dan warna kecoklatan. Pada proses degradasi umumnya dibagi menjadi 5 tahap berturut-turut, yaitu :

- a. Aerobik
- b. Hidrolis dan fermentasi
- c. Asetogenesis
- d. Metanogenik

e. Fase aerobik

Komposisi lindi TPA khas lindi dari limbah domestik di berbagai tahapan dekomposisi limbah disajikan pada tabel I (satuan dalam mg/L kecuali nilai pH).



Gambar 2. 1 Skema Pembuatan Lindi

Sumber : (Reci, 2007)

Tabel 2. 1 Komposisi air lindi di TPA Piyungan

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi	
			Kisaran	Tipikal
1	BOD	Mg/l	2000 – 30000	10000
2	TOC	Mg/l	1500 – 20000	6000
3	COD	Mg/l	3000 – 45000	18000
4	TSS	Mg/l	200 – 1000	500
5	Organik Nitrogen	Mg/l	10 – 600	200
6	Amonia Nitrogen	Mg/l	16 – 800	200
7	Nitrat	Mg/l	5 – 40	25
8	Total phospor	Mg/l	1 – 70	30
9	Ortho Phospor	Mg/l	1 – 50	20
10	Alkaliniti	Mg/l	1000 – 10000	3000
11	pH		5,3 – 8,5	6
12	Total Hardness	Mg/l	200 - 10000	3500
13	Kalsium	Mg/l	200 – 3000	1000
14	Magnesium	Mg/l	50 – 1500	250
15	Potasium	Mg/l	200 – 2000	300
16	Natrium	Mg/l	200 – 2000	500
17	Klorida	Mg/l	100 – 3000	500
18	Sulfat	Mg/l	100 – 1500	300
19	Total Besi	Mg/l	50 - 600	60

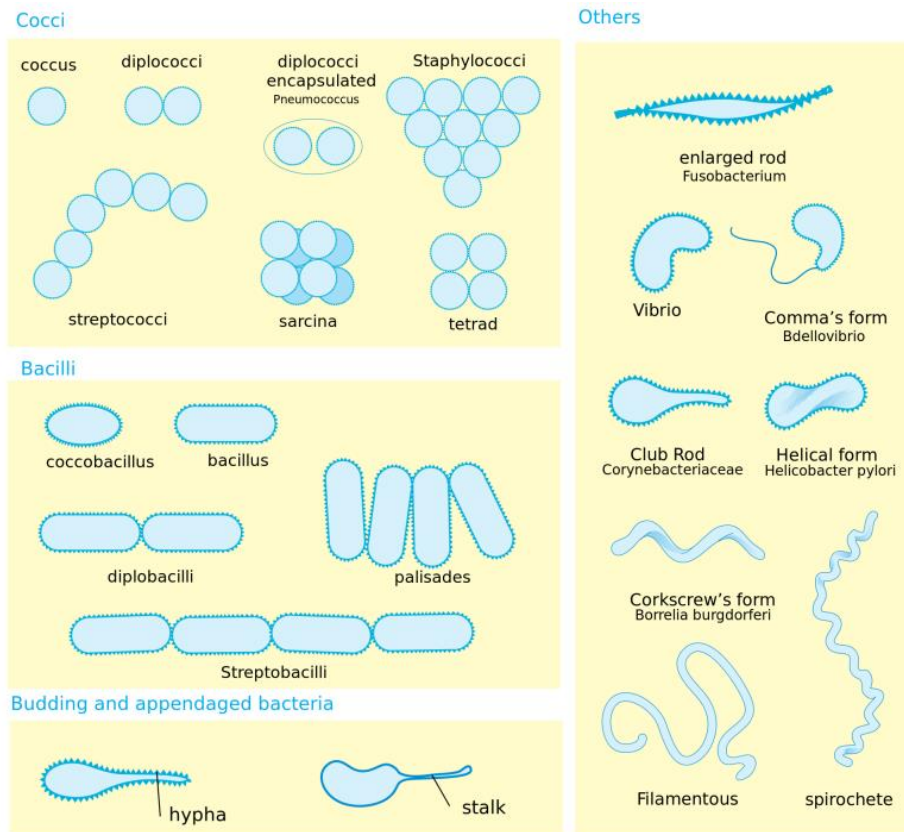
Sumber : Reci, 2007

Untuk air lindi di TPA Piyungan memiliki potensi untuk dapat mencemari Sungai Opak, yang merupakan salah satu Sungai yang melintasi wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Karena kandungan yang ada didalam air lindi yaitu juga mengandung bakteri baik yang bersifat pathogen maupun tidak pathogen (Ivnaini, 2014). TPA Piyungan menghasilkan lindi dengan debit sebesar 0,48 liter/detik dari 3 outlet atau 41,472 m³/hari (Joko, 2004), untuk karakteristik air lindi bervariasi tergantung pada proses yang terjadi pada *landfill* seperti proses kimia, fisik dan biologis. Karakteristik air lindi pada umumnya mengandung logam Fe 0,4-2200 mgL⁻¹ dan logam Cr 0,03-1,6 mgL⁻¹. Menurut (Risnawati, 2013) kandungan logam Cu pada air lindi adalah 4,271 mgL⁻¹ dan logam Zn 22,18 mgL⁻¹. Lindi pada influen Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) Piyungan memiliki warna coklat gelap begitu pula hasil effluent. Warna lindi yang pekat disertai dengan aroma berbau busuk dipengaruhi oleh hasil dekomposisi dari

konsentrasi bahan organik yang tinggi. Pada katagori kualitas lindi tergolong stabil. pH diatas 7 yaitu kisaran 8-8,2 dan memiliki konsentrasi NH₃-N dan COD tinggi.

2.2 Bakteri

Bakteri merupakan mikroba uniselular yang berkembang biak secara aseksual dengan pembelahan sel. Bakteri hidup secara saprofit, parasite, bebas dan pathogen terhadap manusia, hewan, maupun tumbuhan. Bakteri dapat hidup di segala tempat, seperti di tanah, air, atmosfer, dan didalam lumpur. Bentuk bakteri juga bervariasi ada yang berbentuk spiral, bulat, dan batang. Bakteri tidak memiliki membrane inti dan memiliki sitoplasma sebagai tempat molekul DNA yang mengandung komponen genetic. Bakteri juga memiliki ukuran sel yang bervariasi, tetapi pada umumnya 0,5 – 1x2-5 µm (Riskawati, 2016). Bakteri memiliki banyak bentuk, yang dibagi menjadi 3 kelompok yaitu Kokus, Basil dan Spiril.



Gambar 2. 2 Bentuk – bentuk bakteri

Sumber : ATCC, 2023

Bakteri dapat diklasifikasikan berdasarkan dinding sel bakteri. Berdasarkan dinding sel bakteri dapat dibagi menjadi 2 golongan yaitu : bakteri gram positif dan bakteri gram negative. Perbedaan antara dinding sel bakteri gram positif dan negative terletak pada lapisan membrane luar, dimana lapisan membrane luar bakteri gram negatif menyebabkan dinding sel bakteri gram negatif kaya akan lipid.

2.3 Tempat Pembuangan Akhir

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolaannya sejak mulai timbul di sumber, pengumpulan, pemindahan/pengangkutan, pengolahan dan pembuangan. TPA merupakan tempat sampah diisolasi secara aman agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya (Royadi, 2006). Selain menjadi lokasi pemrosesan akhir, di TPA juga harus ada 4 (kegiatan) utama dalam penanganan sampah di lokasi pembuangan akhir, yaitu (DPU, 2013) :

1. Pemilihan sampah
2. Daur ulang limbah non-organik
3. Pengomposan limbah biologis
4. Akumulasi limbah residu dari proses di atas di lokasi pengurangan atau penimbunan

2.4 Instalasi Pengolahan Air Lindi

Pada umumnya di Indonesia instalasi pengolahan lindi (*leachate*) tidak atau belum beroperasi sesuai kriteria teknis yang ada. Sebagian besar pengolahan air lindi di Indonesia masih menggunakan sistem kolam karena biaya operasionalnya yang rendah, tetapi memerlukan waktu tinggal yang cukup lama. Untuk kolam anaerobic memerlukan waktu tinggal 20-50 hari dengan efisiensi penghilang BOD 50-85%, kolam fakultatif memerlukan waktu tinggal 5-30 hari dengan efisiensi penghilang BOD 70-80% sedangkan kolam maturasi memerlukan waktu tinggal 7-20 hari dengan efisiensi penghilang BOD 60-89% (Annonim 1, 2012). Pengolahan lindi TPA Piyungan terdapat 3 proses utama diantaranya sedimentasi, aerasi dan desinfektan. Semua parameter mengalami perbaikan kualitas, meskipun hasil pengolahan lindi TPA Piyungan masih berada diatas standar baku mutu pengolahan lindi yang telah ditetapkan (Ika Bayu, 2020).

2.5 Parameter Uji

1. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik yang terkandung di dalam air, yang mana zat pengoksidasi yang digunakan yaitu $K_2Cr_2O_7$ atau $KMnO_4$. Nilai COD merupakan parameter kunci yang menyebabkan pencemaran air oleh senyawa organik yang dapat dioksidasi dengan proses mikrobiologi yang menimbulkan adanya oksigen terlarut di air menjadi berkurang. Umumnya pada pengujian COD, senyawa organik dioksidasi oleh $K_2Cr_2O_7$ pada kondisi optimum (Alaerts dan Santika, 2007)

Baku mutu air lindi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 tentang Baku Mutu Lindi bahwa kadar maksimum pada air lindi untuk parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah sebesar 300 mg/L.

2. Amonia (NH_3)

Amoniak (NH_3) merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH_4^+ pada pH rendah dan disebut ammonium. Amoniak sendiri berada dalam keadaan tereduksi (-3). Sumber amoniak di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba jamur. Proses ini dikenal dengan istilah amonifikasi. Reduksi nitrat (denitrifikasi) oleh aktivitas mikroba pada kondisi aerob yang merupakan proses yang biasa terjadi pada pengolahan limbah, juga menghasilkan gas amoniak dan gas-gas lain, misalnya N_2O , NO_2 , NO dan N_2 (Novotny dan Olem, 1994)

Penguraian kadar ammonia di dalam air dapat terjadi melalui proses biologi yang disebut siklus nitrogen yang dimana senyawa ammonia di dalam air dapat diurai menjadi nitrite (NO_2) dengan

bantuan beberapa genus bakteri tertentu, beberapa contohnya adalah seperti *Nitrosospira* dan *Nitrosomonas*. Oleh karena itu, beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses penguraian ammonia seperti kadar COD, pH air, dan juga suhu (f. Floyd et al, 2022)

3. Warna

Salah satu parameter yang penting dalam penilaian air adalah warna. Air yang tidak tercemar tidak memiliki ciri-ciri yang mana salah satunya adalah memiliki warna yang normal sehingga saat dialirkan ke badan Sungai tidak akan mencemari biota air (Emilia dan Mutiara, 2019). Air limbah yang telah diolah nantinya akan dialirkan ke Sungai sehingga air tersebut harus memiliki tingkat kecerahan yang baik. Kecerahan sangat dipengaruhi oleh warna pada air, semakin jernih warna air maka semakin dalam penetrasi sinar matahari yang bisa menembus lapisan air sehingga semakin produktif pula ekosistem akuatik pada perairan tersebut (Yadina, 2014).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No. 16 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah bahwa baku mutu air limbah yang diijinkan untuk parameter warna adalah 200 Pt-Co.

2.6 Reaktor Aerasi

Reaktor aerasi adalah reactor yang berfungsi untuk mengoksidasi air buangan yang mana kebutuhan oksigennya dipenuhi dengan proses aerasi. Pada prinsipnya, fungsi pengolahan ini adalah mengkonvensi air limbah menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana dengan cara oksidasi (Alfiandy, 2003). Pada sistem aerobic membutuhkan supplay oksigen atmosfer atau dari sumber oksigen murni. Proses katabolisme senyawa 2 bagian yang berlangsung memanfaatkan oksigen bebas yang terdapat pada lingkungan sebagai penerima electron terakhir. Proses degradasi aerobic tergantung pada bakteri spesifik yang terdapat pada media yaitu bakteri yang memerlukan udara baik untuk pertumbuhan maupun respirasi (Direstiyani, 2016).

Pengolahan menggunakan reactor aerasi adalah pengaturan dalam penyediaan udara pada bak aerasi untuk mendukung aktivitas bakteri spesifik dalam mendegradasi bahan organik pada air limbah dengan bantuan oksigen. Sistem pengaliran udara dapat dilakukan dengan berbagai cara yang paling sering digunakan adalah aerasi merata dengan menggunakan diffuser.

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian sekarang lebih berfokus pada identifikasi bakteri yang kemudian dilakukan pengujian untuk mendegradasi parameter DO, Amonia, dan Warna pada air lindi di dalam sebuah reaktor. Sedangkan, untuk penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel 2.2 yang melakukan identifikasi bakteri dan melakukan pengujian efektivitas bakteri untuk mendegradasi parameter COD dan TOC.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Bakteri	Hasil Penelitian
1.	Amira, 2007	<i>Bacillus</i> , <i>Actinomyces</i> , <i>Pseudomonas</i> dan <i>Burkholderia</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Kelompok bakteri utama yang bertanggung jawab atas removal ini adalah <i>Bacillus</i>, <i>Actinomyces</i>, <i>Pseudomonas</i> dan <i>Burkholderia</i> - Isolate terpilih ini memiliki kapasitas degradasi yang besar pada konsentrasi lindi TOC rendah atau tinggi (TOC = 1, 3, 11, 25 g/L)
2.	Anisah, 2016	bakteri yang ada pada tanah tercemar air lindi antara lain genus <i>Bacillus sp</i> , <i>Pseudomonas sp</i> , <i>Listeria sp</i> , <i>Salmonella sp</i> , <i>Corynebacterium sp</i> , <i>Shigella sp</i> , dan <i>Staphylococcus sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Genus yang teridentifikasi dari bakteri yang ada pada tanah tercemar air lindi antara lain genus <i>Bacillus sp</i>, <i>Pseudomonas sp</i>, <i>Listeria sp</i>, <i>Salmonella sp</i>, <i>Corynebacterium sp</i>, <i>Shigella sp</i>, dan <i>Staphylococcus sp</i>
3.	Khalifa, 2022	Bakteri <i>Indigeneous</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Penelitian ini menggunakan metode Isolasi bakteri, Pemurnian bakteri, Identifikasi bakteri, Kultur bakteri dan Reaktor <i>Floating Treatment Wetland (FTW)</i> - Bakteri <i>Indigeneous</i> mempunyai efektivitas yang berbeda-beda dalam mendegradasi parameter COD

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dijadikan sebagai tempat pengambilan sampel yang dilaksanakan di TPA Piyungan Bantul, Yogyakarta yang berada diantara garis $7^{\circ}51'34''\text{S}$ $110^{\circ}25'28''\text{E}$ dengan luas 12,5 Ha. Sampel air lindi yang digunakan diambil dari bagian bak aerasi I dan bak aerasi II IPAL lindi TPA Piyungan. Untuk lokasi tempat pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Waktu penelitian berlangsung selama 6 bulan dimulai dari Maret 2023 sampai September 2023. Berikut merupakan peta titik pengambilan sampel air lindi pada bak aerasi I dan bak aerasi II IPAL TPA Piyungan :



Gambar 3. 1 Lokasi pengambilan sampel

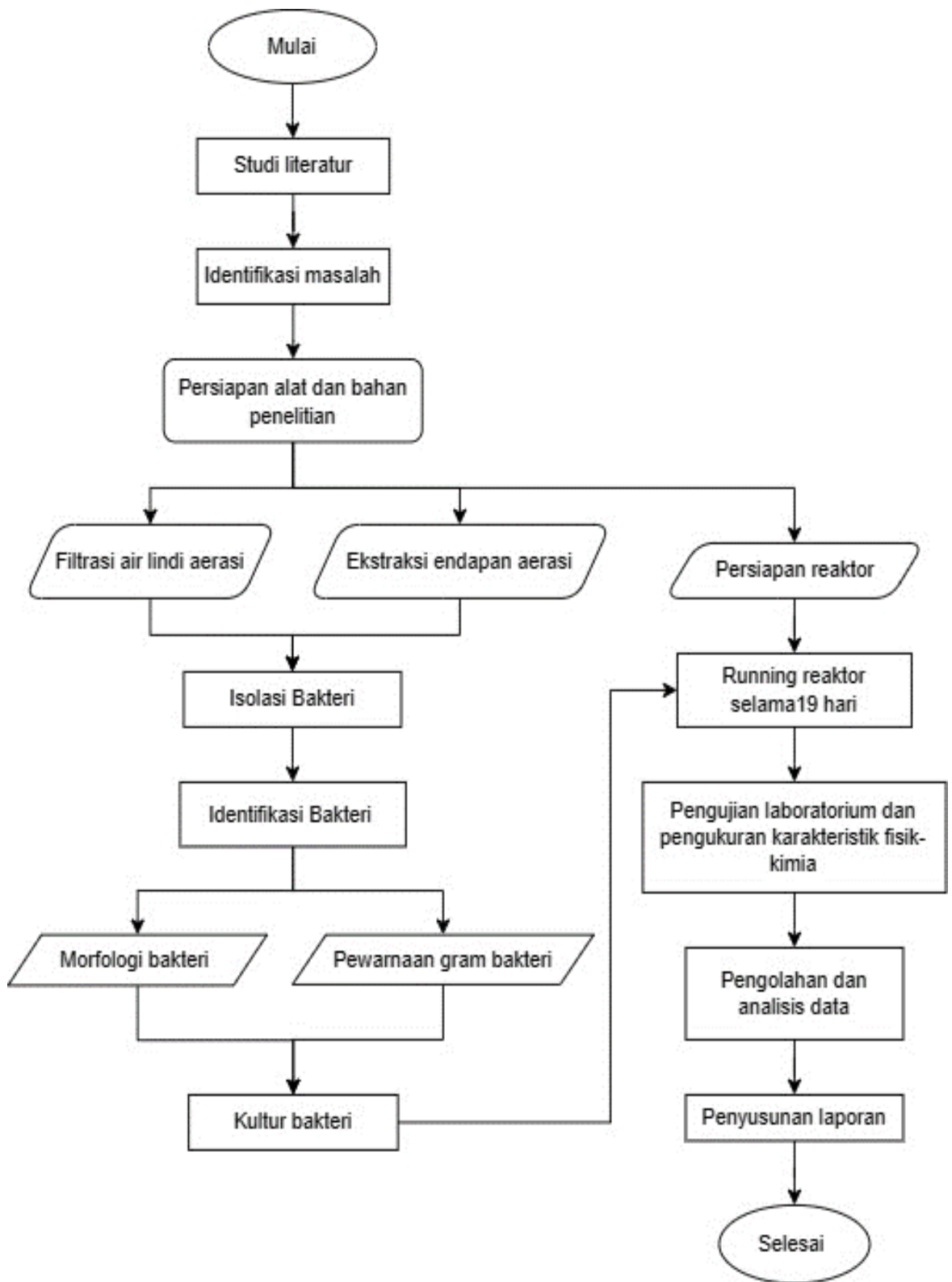
3.2 Alat dan Bahan

Dalam pelaksanaan dan pengukuran dalam proses penelitian identifikasi bakteri dan potensinya dalam mengolah air lindi. Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan yaitu cawan petri, beaker 250 ml, kaca objek, jarum inokulasi, gelas kimia 100 ml, pembakar bunsen, kapas, kertas saring, kaca preparate, mikroskop, pipet ukur 10 ml, test tube, UV-Vis Spektrofotometri, autoklav, inkubator, corong kaca, *stirrer bar*, botol vial pipet hisap, gelas arloji, timbangan digital, oven, *shaker*, Erlenmeyer 100 ml. Sedangkan, untuk bahannya adalah air lindi, biakan bakteri, larutan kristal violet, larutan lugol, larutan fuchin basa, alkohol, bubuk NA agar, media *lactose broth*, NaCl 5%, aquades, spritus.

3.3 Prosedur Analisis Data

Penelitian dilaksanakan di TPA Piyungan, Bantul. Langkah pertama sebelum melakukan penelitian adalah melakukan pengumpulan data terlebih dahulu, pengumpulan data berupa data primer dan data sekunder.

- a. Data primer berupa data yang didapatkan langsung oleh peneliti dimulai dari observasi lapangan sampai hasil pengukuran di lapangan maupun di laboratorium. Mengacu pada SNI 6989.59:2008 tentang metode pengambilan air limbah, dalam proses pengambilan pengambilan sampel dilakukan pada bak aerasi I dan bak aerasi II menggunakan metode *Grab Sampling* (dengan cara sesaat) yang akan dibawa ke laboratorium untuk diteliti lebih lanjut.
- b. Data sekunder berupa kajian data dan jurnal terdahulu terkait penelitian yang dilakukan. Data ini akan digunakan untuk mengetahui kondisi TPA Piyungan yang dijadikan sebagai tempat pengambilan sampel.
- c. Dibawah ini merupaka skema penelitian :



Gambar 3. 2 Flowchart Penelitian

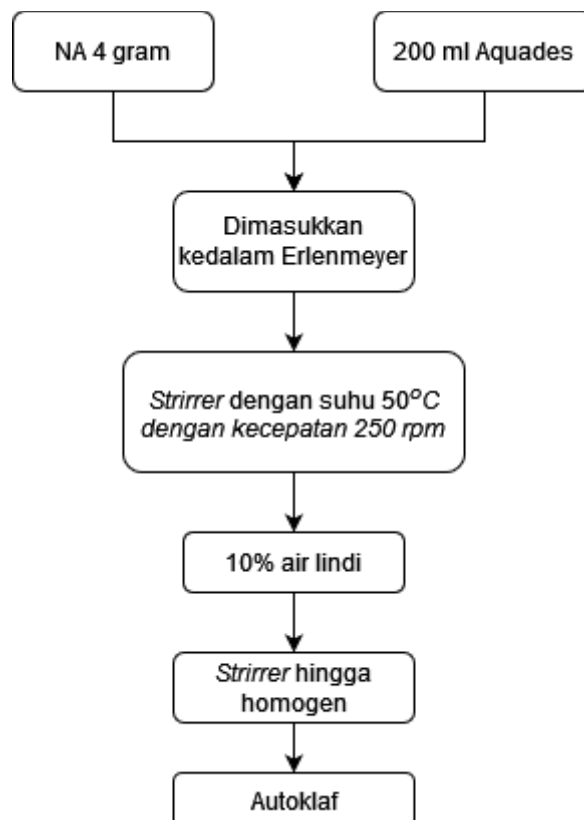
3.4 Metode Penelitian

3.4.1 Metode Sampling Air Lindi

Mengacu pada SNI 6989.59:2008 tentang metode pengambilan contoh air limbah. Pengambilan contoh dilakukan pada saluran proses dengan cara sesaat (*Grab Sampling*). Sampel air lindi akan diambil di inlet dan unit aerasi pada Instalasi Pengolahan Air Lindi, untuk volume sampel yang diambil disesuaikan dengan keperluan pengujian di laboratorium. Selain mengambil sampel berupa air lindi, sampel endapan pada unit aerasi juga diambil sebagai sampel. Sampel kemudian akan diambil dan dimasukkan ke dalam botol Polipropilen 1 L dan plastik ziplock yang telah diberi label. Dan terakhir sampel akan dimasukkan ke *coolbox* untuk dibawa ke Laboratorium.

3.4.2 Metode Pengujian

a. Preparasi Media (Nutrien Agar)

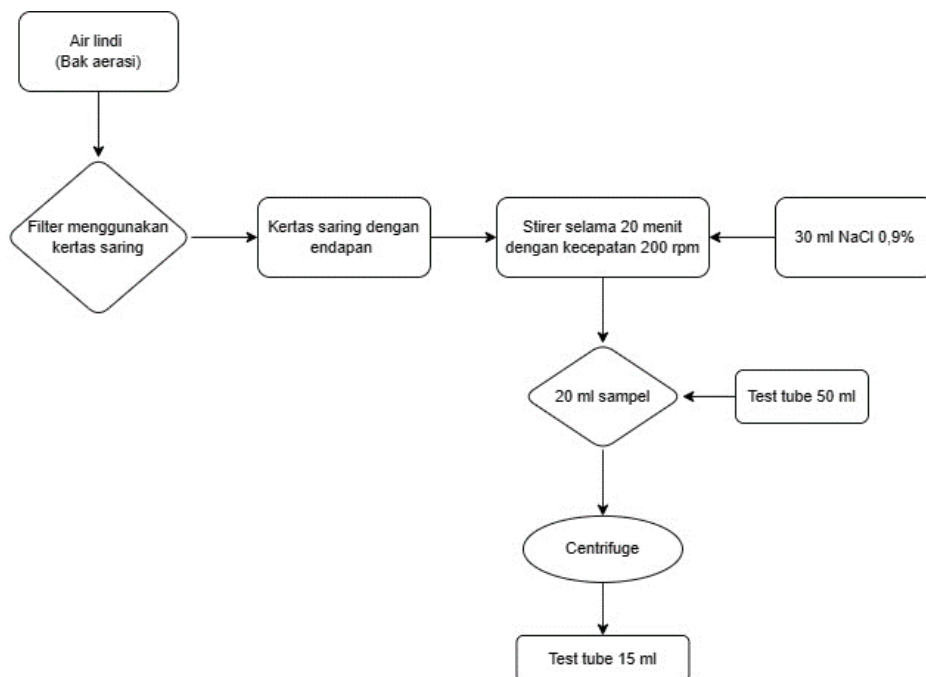


Gambar 3. 3 Tahapan Preparasi Media (Nutrien agar)

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah NA (*Nutrien Agar*). Dalam pembuatan NA menggunakan 4 gram bubuk NA dan 200 ml aquades yang dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian di *strirrer* dengan suhu 50°C dan kecepatan 250 rpm. Jika agar sudah tidak memiliki warna keruh dilanjutkan dengan menambahkan 10% air lindi yang telah di filter dan dilanjutkan kembali dengan *strirrer* hingga homogen di autoklaf. Pemberian 10% air lindi pada pembuatan NA bertujuan sebagai sumber makanan bagi bakteri yang akan diisolasi pada media NA.

b. Ekstraksi tanah (Endapan)

Tahapan ekstraksi tanah dilakukan sebelum isolasi bakteri. Ekstraksi tanah dilakukan dengan cara melakukan filtrasi dari sampel air lindi bak aerasi I dan bak aerasi II. Selanjutnya kertas saring yang telah digunakan untuk proses filtrasi di *stirrer* selama 20 menit dengan mencampurkan NaCl 0,9% sebanyak 30 ml. Setelah itu, akan di *centrifuge* dan sampel endapan diambil 0,1 untuk dilakukan pengenceran hingga 10^{-5} . Berikut adalah tahapan dari ekstraksi tanah :

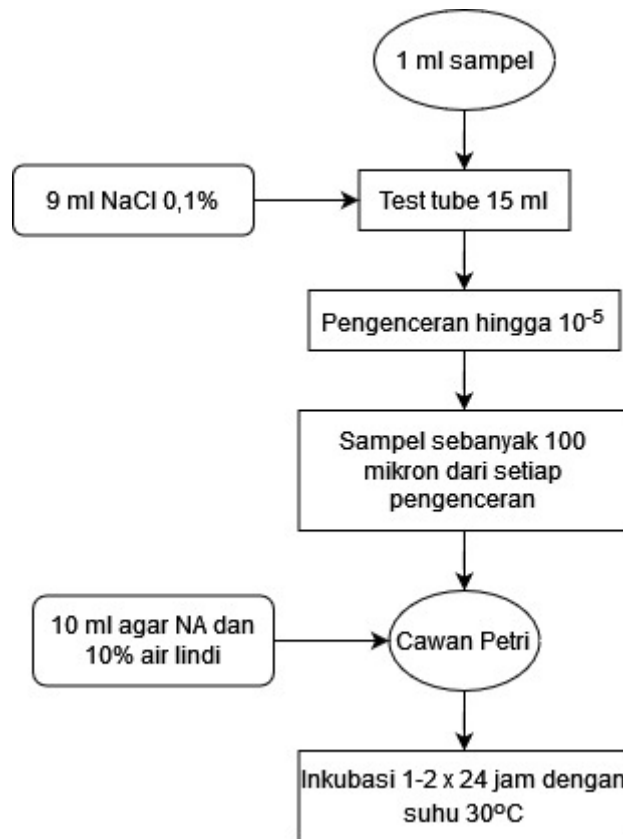


Gambar 3. 4 Tahapan ekstraksi tanah (endapan)

3.5 Isolasi Bakteri

Isolasi mikroba adalah memisahkan atau memindahkan mikroba tertentu dari lingkungan alamiahnya dan menumbuhkannya pada media buatan sehingga diperoleh kultur murni. Ada beberapa metode isolasi mikroba yakni Metode gores (*Streak plate*), Metode tuang (*Pour plate*), dan Metode sebar (*Spread plate*) (Wati, 2013). Namun metode yang akan digunakan adalah Metode tuang (*Pour plate*).

Langkah pertama yang dilakukan pada proses isolasi adalah melakukan pengenceran hingga 10^{-5} dengan tujuan untuk mendapatkan mikroba terbaik dan mengurangi kepadatan bakteri yang di tanam (Fais, 2009). Sebelum melakukan isolasi bakteri, sebaiknya media pertumbuhan dipanaskan terlebih dahulu hingga mendidih, lalu setelah itu ditunggu beberapa saat sampai dingin. Untuk sampel sebanyak 1 ml dari masing-masing pengenceran dimasukkan untuk 2 cawan petri steril. Kemudian ditutup cawan, agar terhindar dari kontaminan. Setelah sampel masuk ke dalam cawan petri tambahkan NA agar, lalu cawan petri diputar secara perlahan-lahan mengikuti seperti angka 8 di atas meja horizontal. Diinkubasi 1-2 x 24 jam pada suhu 30°C.



Gambar 3. 5 Tahapan isolasi bakteri

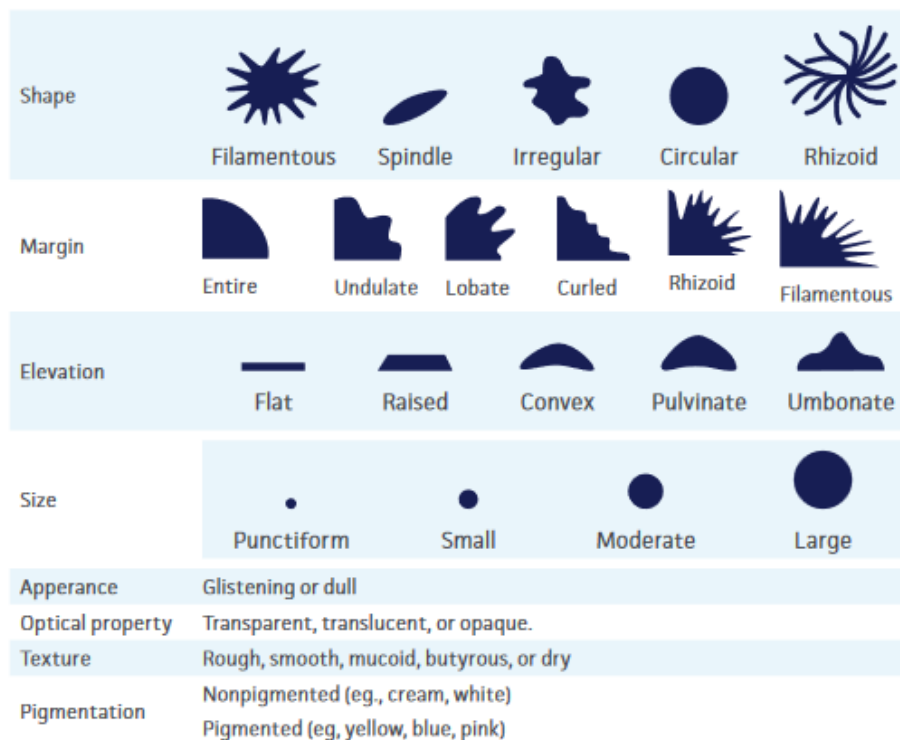
3.6 Karakterisasi Bakteri

3.6.1 Morfologi Bakteri

Setelah mengisolasi bakteri, selanjutnya dilakukan identifikasi morfologi bakteri dengan cara menganalisis sel morfologi bakteri menggunakan mikroskop cahaya. Identifikasi morfologi meliputi bentuk, warna, bentuk tepian, elevasi, dan mengkilap atau tidaknya (kenampakan) koloni, diameter, kepekatan, tipe pertumbuhan koloni pada agar, gram, bentuk sel, penataan dan ukuran sel. Karakteristik morfologi bakteri mengacu pada panduan *Microbiology Laboratory Manual*, 2014 yang perlu diperhatikan :

1. Ukuran : dalam milimeter
2. Bentuk : melingkar/tidak beraturan
3. Permukaan : halus, kasar, granular

4. Ketinggian : datar, cembung, rendah, cembung tinggi, terangkat, umbonasi, umbulasi
5. Tepi : keseluruhan, bergelombang, lobate, crnated, fimbriate, ciliate
6. Keburaman : buram, tembus cahaya, transparan
7. Warna koloni
8. Konsentrasi : berlendir, gembur
9. Sifat-sifat lain : hemolisis, pigmentasi, berkerumun

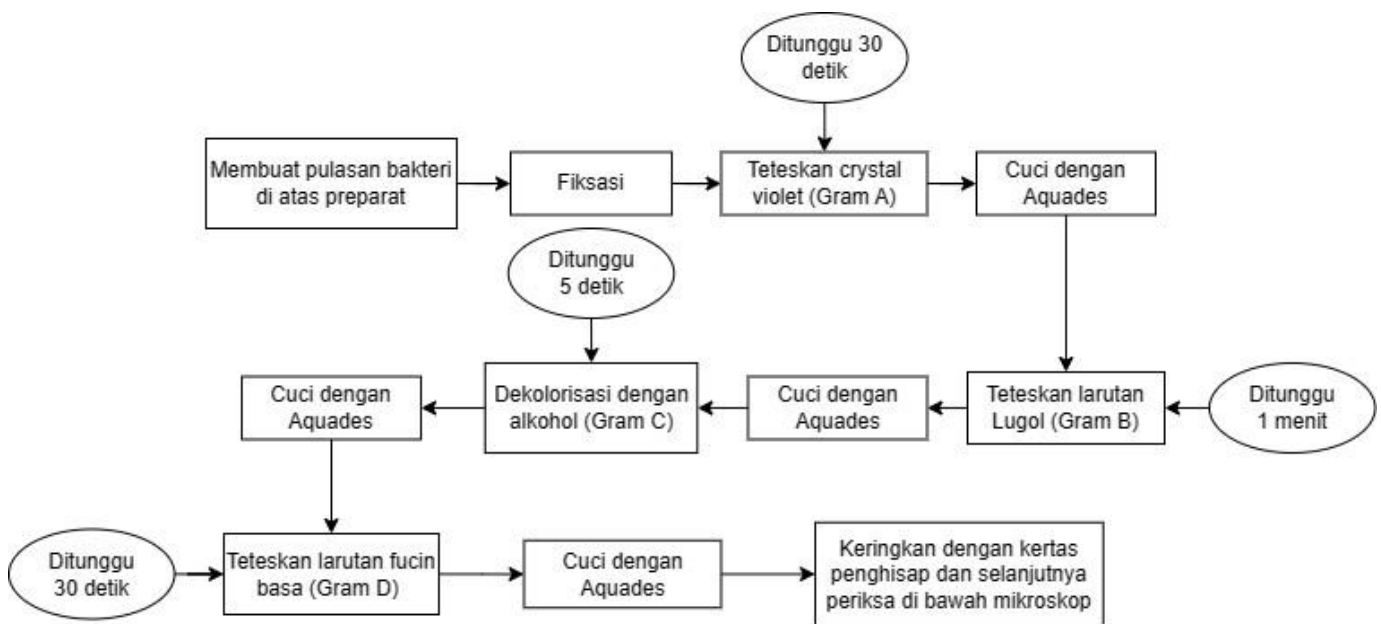


Gambar 3. 6 Morfologi Bakteri

Sumber : ATCC, 2023

3.6.2 Pewarnaan Gram

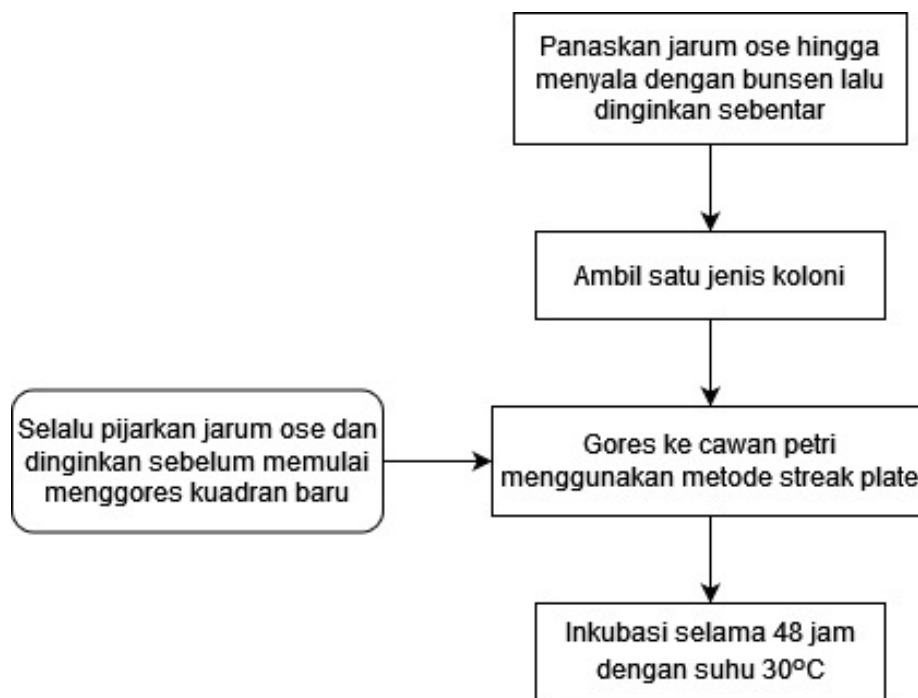
Pewarnaan gram dilakukan dengan mengambil bakteri menggunakan jarum ose yang telah dipijarkan dengan bunse kemudian dioleskan pada kaca preparate. Setelah mengoleskan bakteri pada kaca preparate, ditetaskan Kristal violet (Gram A) dan diamkan selama 30 detik lalu bilas menggunakan aquades setelah itu, ditetaskan Lugol (Gram B) dan diamkan selama 1 menit lalu bilas menggunakan aquades. Dilanjutkan dengan mencelupkan bakteri ke dalam alkohol (Gram C) selama 5 detik dan ditetaskan dengan Fuchin Basa (Gram D) selama 30 detik lalu dibilas dengan aquades dan keringkan. Setelah kering, preparate diperiksa menggunakan mikroskop dan dapat diidentifikasi jenis gram dan sel bakterinya. Berikut adalah skema pengerjaan dari pewarnaan gram :



Gambar 3. 7 Tahapan Pewarnaan gram

3.7 Pemurnian Bakteri

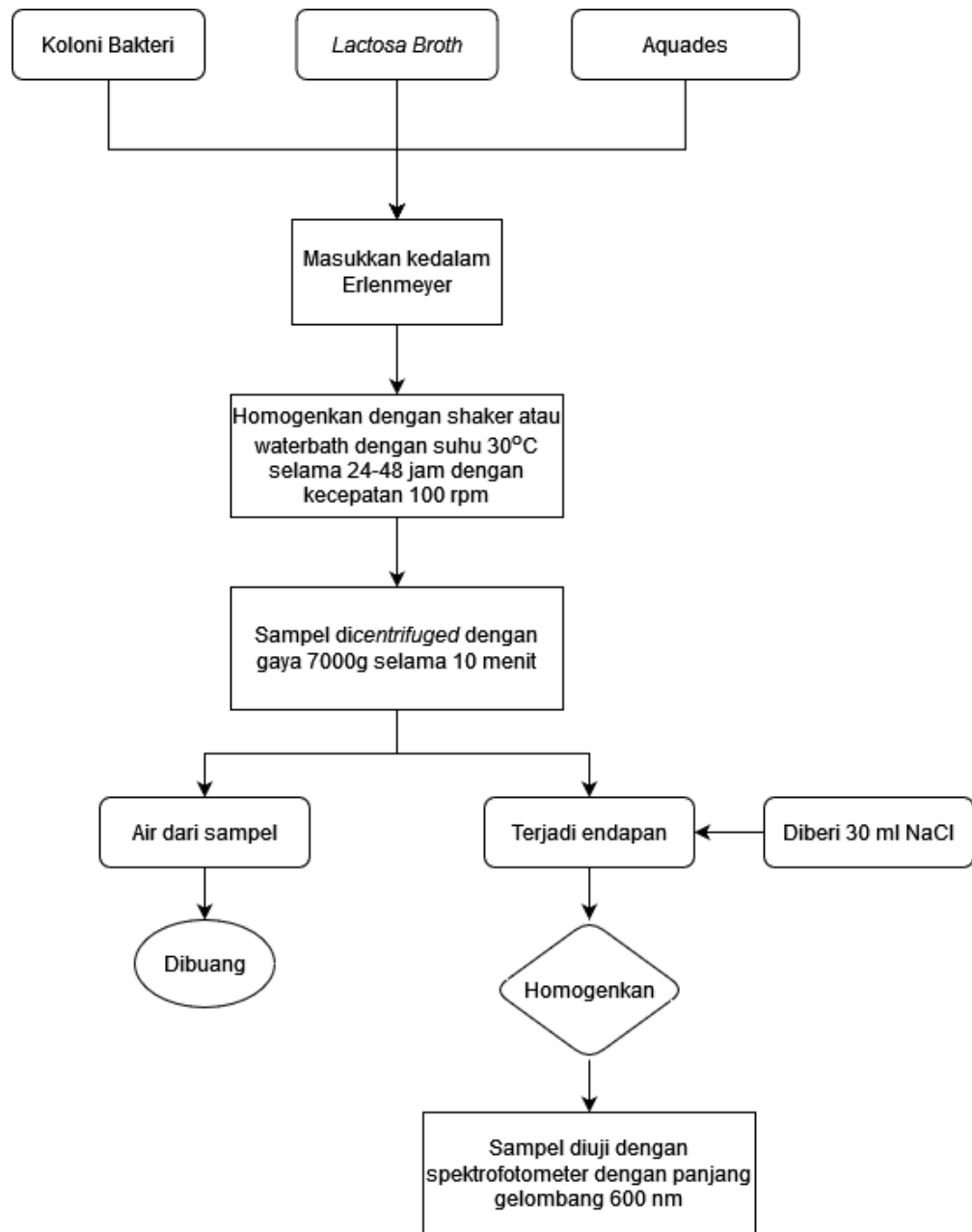
Bakteri yang telah ditumbuhkan saat isolasi di *streak* kedalam cawan petri baru yang berisi media agar menggunakan metode goresan 4 kuadran mengacu pada *Laboratory manual in general microbiology* (2015). Dimulai dengan jarum ose dipanaskan hingga menyala dengan bunsen kemudian dinginkan sebentar. Setelah itu, mengambil satu jenis koloni lalu digoreskan ke dalam cawan petri baru menggunakan metode goresan yang telah ditentukan. Terakhir setelah melakukan goresan, cawan petri yang berisi bakal bakteri akan diinkubasi selama 48 jam dengan suhu 30°C.



Gambar 3. 8 Tahapan Pemurnian Bakteri

3.8 Kultur Bakteri

Kulturasi bakteri dilakukan dengan cara mengambil lalu menanam koloni bakteri yang telah diidentifikasi pada agar miring (satu koloni untuk satu media agar miring). Sampel koloni bakteri dimasukkan ke dalam Erlenmeyer yang berisi LB (*Lactosa Broth*) dan aquades, kemudian homogenkan sampel menggunakan *waterbath* dan atau *shaker* pada suhu 30°C selama 24-48 jam dengan kecepatan 100 rpm. Selanjutnya, sampel *dicentrifuged* dengan 7000 g selama 10 menit dan terjadi endapan. Endapan diberi 30 ml NaCl dan dihomogenkan sementara air dari sampel dibuang. Lalu sampel diuji dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm untuk mengetahui OD (*Optical Density*). Jika nilai OD diatas 0,6 maka sampel sudah baik namun jika OD dibawah 0,6 maka sampel harus kembali diinkubasi selama 3 hari.

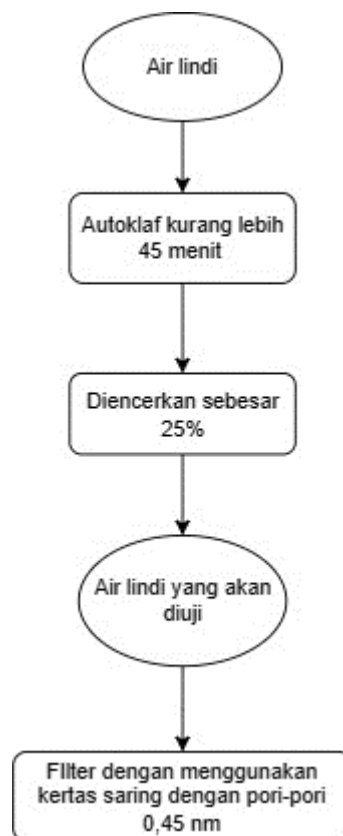


Gambar 3. 9 Tahapan Kultur Bakteri

3.9 Inokulasi Bakteri

3.9.1 Persiapan Air Lindi pada Reaktor

Titik pengambilan sampel air lindi diambil pada inlet dan kolam aerasi TPA Piyungan. Air lindi yang akan digunakan terlebih dahulu disterilkan menggunakan autoklaf selama kurang lebih 45 menit agar bakteri yang ada pada air lindi mati sehingga hanya ada bakteri terpilih yang berada pada reaktor. Kemudian, air lindi diencerkan sebesar 25% untuk mencegah agar bakteri terpilih tidak mati dikarenakan konsentrasi yang tinggi. Selanjutnya, air lindi yang akan dimasukkan kedalam reaktor di filtrasi terlebih dahulu dengan menggunakan kertas saring dengan pori-pori 0,45 nm. Berikut merupakan skema dari persiapan air lindi pada reaktor :



Gambar 3. 10 Tahapan persiapan air lindi

3.9.2 Persiapan Reaktor

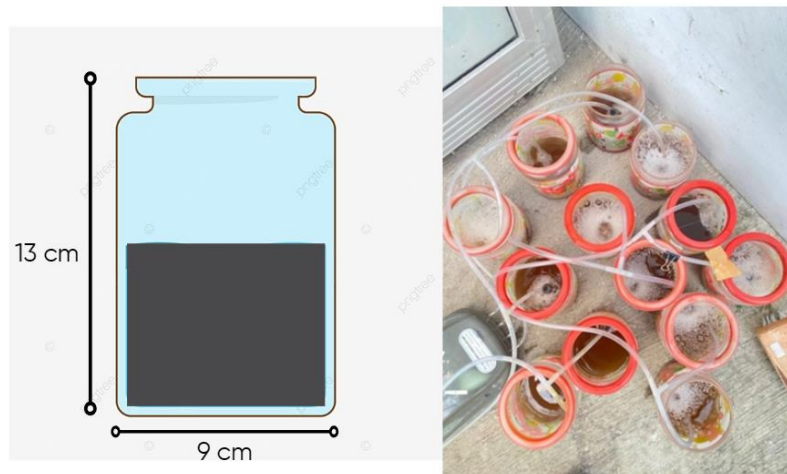
Reaktor yang digunakan pada penelitian ini adalah *reactor batch* yang terbuat dari toples kaca. Ukuran reaktor yang digunakan memiliki tinggi 13 cm dan lebar 9 cm. Pengolahan air lindi ini dilakukan di dalam *green house*. Masing-masing reaktor berisikan kultur bakteri terpilih yang di inokulasikan sebanyak 20 mL dan 350 mL air lindi. Reaktor juga di aliri udara dengan menggunakan aerator dengan selang yang di ujung diberi batu diffuser (Air stone). Kemudian reaktor akan dioperasikan selama 1 bulan dengan waktu sampling pada hari ke 5, 11, dan 18. Reaktor yang dioperasikan sebanyak 12 reaktor karena untuk uji kemampuan setiap bakteri dalam mengolah air lindi, bakteri terpilih ditempatkan dalam reaktor yang berbeda-beda. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan setiap bakteri terpilih dalam mengolah air lindi. Berikut merupakan komposisi dan jumlah bakteri yang dimasukkan ke dalam reaktor:

Tabel 3. 1 Kode Reaktor

Kode Reaktor	Komposisi Reaktor
Control Aerasi	Air lindi + Aerator
Control	Air lindi
R1	Air lindi + Bakteri (A1)1
R2	Air lindi + Bakteri (A1)2
R3	Air lindi + Bakteri (A1)3
R4	Air lindi + Bakteri (A1)4
R5	Air lindi + Bakteri (A1)5
R6	Air lindi + Bakteri (A2)6
R7	Air lindi + Bakteri (A2)7
R8	Air lindi + Bakteri (A2)8
R9	Air lindi + Bakteri (E1)13
R10	Air lindi + Bakteri (E2)17

Tabel 3. 2 Jumlah bakteri untuk pengolahan air lindi

No	Kode Bakteri	Jumlah Bakteri (CFU/mL)
1	(A1)1	$2,44 \times 10^5$
2	(A1)2	$2,4 \times 10^4$
3	(A1)3	$6,68 \times 10^3$
4	(A1)4	$1,28 \times 10^5$
5	(A1)5	$1,17 \times 10^5$
6	(A2)6	$1,76 \times 10^4$
7	(A2)7	$8,6 \times 10^3$
8	(A2)8	$3,08 \times 10^4$
9	(E1)13	$1,49 \times 10^6$
10	(E2)17	$7,16 \times 10^4$



Gambar 3. 11 Desain Reaktor

3.7 Parameter Uji

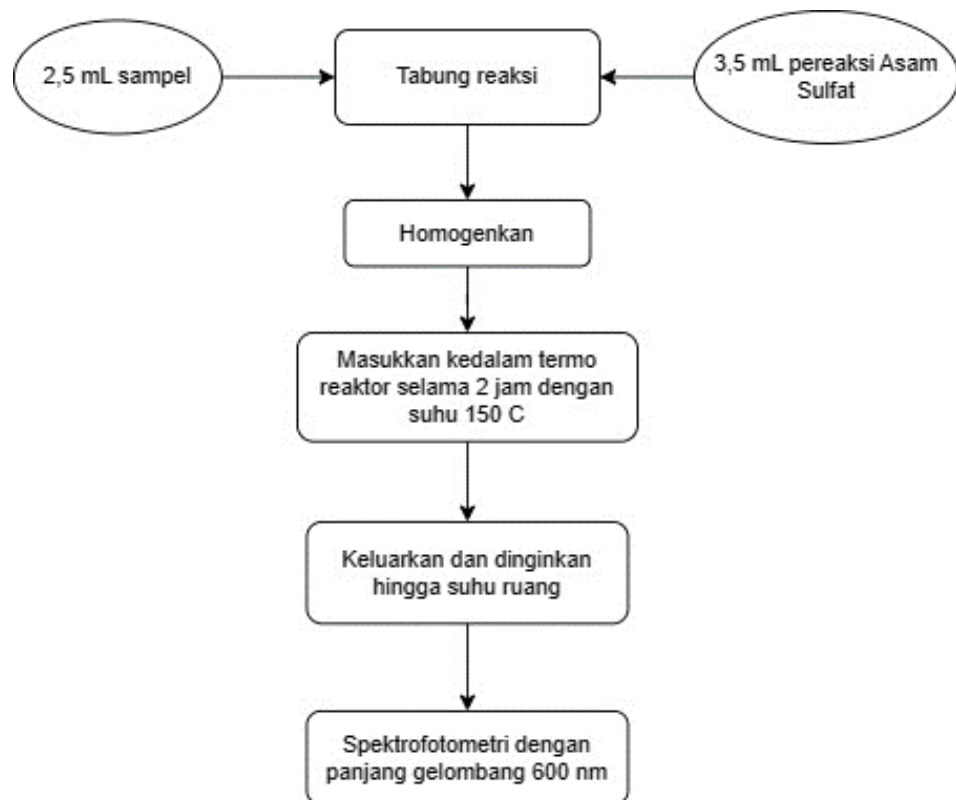
Reaktor yang telah ditambahkan bakteri terpilih akan digunakan sebagai media untuk bakteri dapat mengolah air lindi. Selama 19 hari proses *running* dilakukan beberapa pengecekan dan pengujian ke beberapa parameter. Parameter yang akan diuji adalah parameter fisik dan parameter kimia. Adapun pengecekan harian dilakukan terhadap parameter Suhu, pH, TDS, ORP. Sedangkan, untuk DO dilakukan pengecekan disetiap minggu. Pengecekan untuk parameter pH, suhu, dan ORP menggunakan alat portabel yaitu multimeter, dan untuk pengecekan parameter DO menggunakan alat DO meter.

Selain itu juga dilakukan pengujian terhadap parameter lain seperti COD, Amonia dan Warna. Pengujian dilakukan guna mengetahui kemampuan bakteri dalam mengolah beberapa parameter zat pencemar. Sebelum melakukan pengujian parameter, akan dilakukan pengujian awal pada air lindi terlebih dahulu. Untuk parameter COD, ammonia, dan warna akan diuji sebanyak 3 kali pada hari ke 5, 11 dan 18. Berikut merupakan acuan metode pengujian untuk parameter COD, ammonia, dan warna:

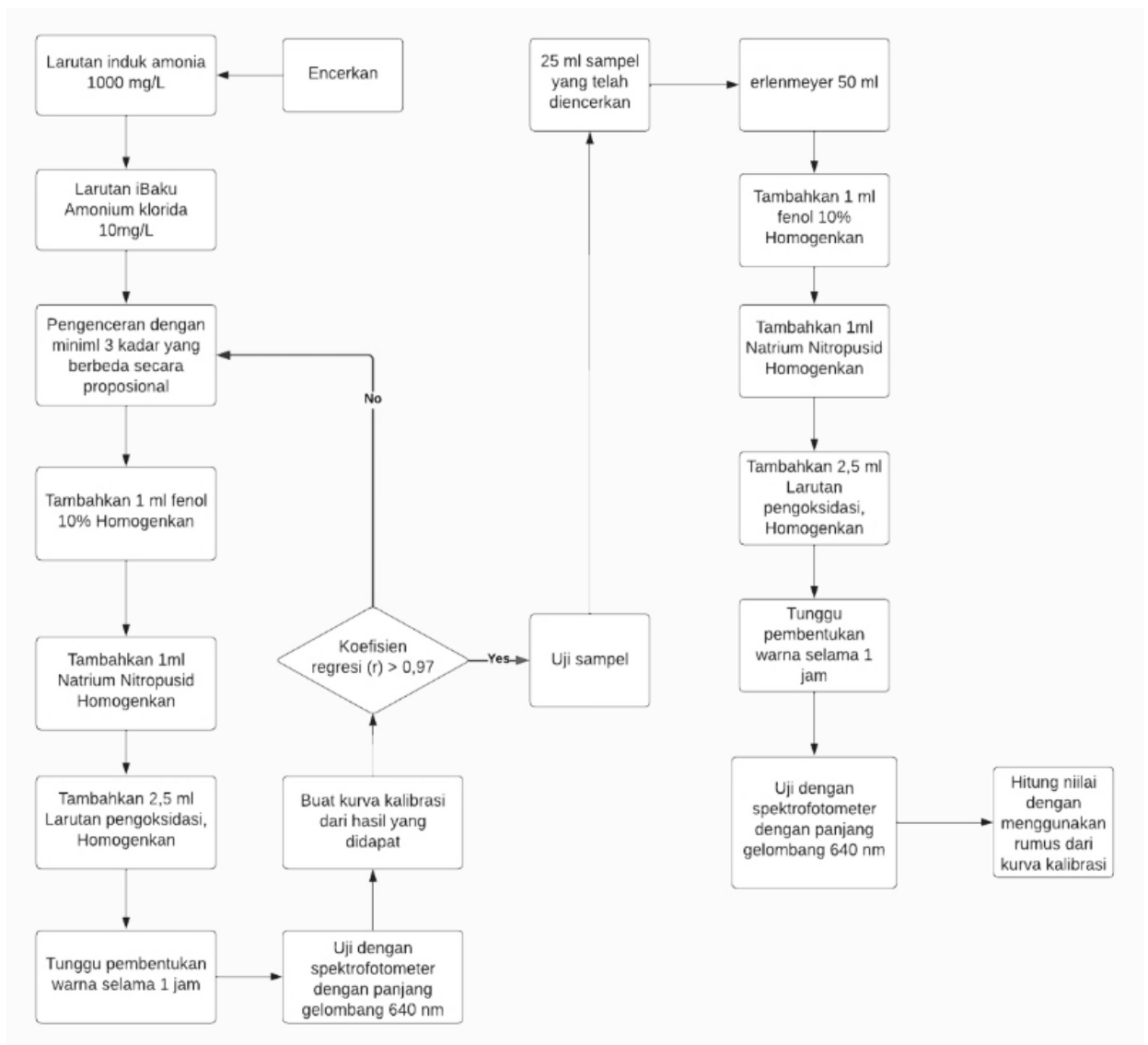
Tabel 3. 3 Acuan metode pengujian

No	Parameter	Satuan	Metode	Acuan
1.	COD	mg/L	Spektrofotometri	SNI 6989.2:2009
2.	Ammonia	mg/L	Spektrofotometri	SNI 06-6989.30-2005
3.	Warna	Pt-Co	Spektrofotometri	SNI 6989.80:2011

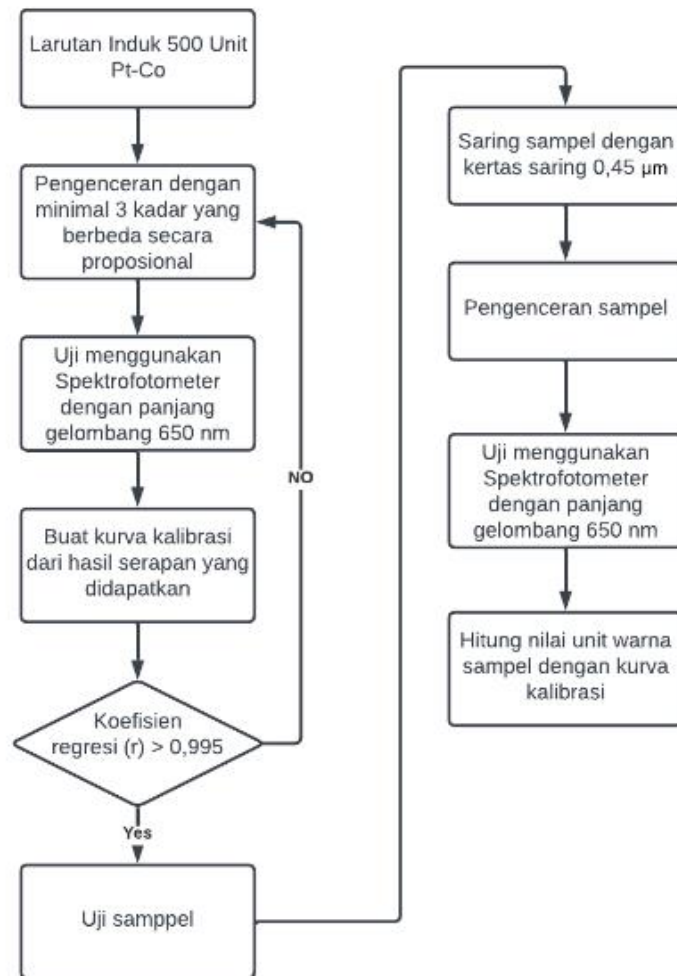
Untuk pengambilan sampel uji COD, ammonia, dan warna dilakukan pada hari ke 0, 5, 11, dan 19 untuk mengetahui perubahan kadar COD, ammonia dan warna yang terjadi pada setiap reaktor yang didalamnya terdapat masing-masing bakteri terpilih sebelumnya. Adapun tahapan pengujian COD, ammonia, dan warna sebagai berikut :



Gambar 3. 12 Tahapan Uji COD



Gambar 3. 13 Tahapan Uji Ammonia



Gambar 3. 14 Tahapan Uji Warna

3.8 Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk melihat keberhasilan bakteri terpilih dalam mengolah kandungan COD, ammonia dan warna pada air lindi di dalam reaktor. Hasil pengujian akan dibandingkan dengan baku mutu dari masing-masing parameter sesuai dengan peraturan yang berlaku sehingga dapat diketahui kemampuan dari bakteri terpilih tersebut. Berikut merupakan peraturan terkait standar baku mutu yang digunakan sebagai acuan :

Tabel 3. 4 Peraturan baku mutu

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Referensi
1.	COD	mg/L	300	Permen LHK RI Nomor 59 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah
2.	Ammonia	mg/L	10	Permen LHK Nomor 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
3.	Warna	Pt-Co	200	Permen LHK RI Nomor 16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah

Data hasil pengujian tiap parameter akan dibandingkan antara kondisi awal dan kondisi akhir. Kemudian, data diolah dalam bentuk diagram untuk mengetahui perbandingan kondisi dan memudahkan untuk melihat perkembangan pengolahan air lindi oleh bakteri. Untuk dapat mengetahui efektivitas bakteri terpilih dapat diukur dengan presentasi *removal* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ Removal} = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100$$

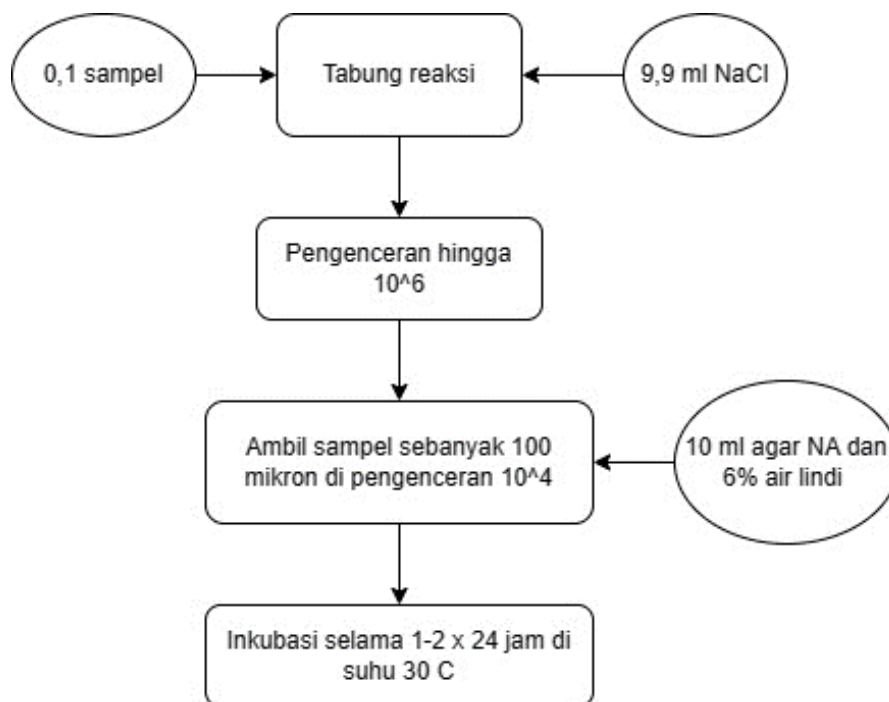
Keterangan :

C_{awal} = Konsentrasi awal

C_{akhir} = Konsentrasi Akhir

3.9 Perhitungan Jumlah Bakteri

Pada perhitungan jumlah bakteri dilakukan setelah uji parameter fisik dan kimia selama kurang lebih 4 minggu. Metode yang digunakan dalam perhitungan jumlah bakteri adalah metode tuang (*pour plate*), dengan melakukan pengenceran hingga 10^{-4} , yang bertujuan untuk mengetahui jumlah bakteri yang tumbuh pada reaktor selama pengujian. Berikut merupakan skema isolasi bakteri untuk menghitung jumlah bakteri :



Gambar 3. 15 Diagram alir Isolasi Bakteri

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Isolasi Bakteri

Setelah dilakukan proses isolasi bakteri dengan menggunakan metode *Pour plate*, sampel aerasi dan endapan aerasi diidentifikasi morfologi bakteri dan dihitung jumlah koloni yang didapat. Terdapat 12 jenis bakteri berbeda dari hasil isolasi bakteri pada sampel air aerasi dan endapan pada bak aerasi I dan II. Bakteri dengan kode (A1)5 memiliki morfologi berupa *circular, moderate* dan *cream* yang mana merupakan bakteri dengan jumlah koloni terbanyak. Sedangkan untuk bakteri pada sampel endapan aerasi terdapat 2 bakteri dengan morfologi yang berbeda. Dari 5 bakteri telah teridentifikasi bahwa terdapat bakteri yang memiliki jumlah bakteri terbanyak yakni bakteri dengan kode (E1)13 dengan memiliki morfologi berupa *circular, moderate*, dan *yellow*. Berikut merupakan grafik kode dan jumlah bakteri menurut morfologi :

Tabel 4. 1 Kode dan Morfologi Bakteri aerasi

Bakteri air lindi aerasi		
Kode	Morfologi	Jumlah Koloni (CFU/ml)
(A1)1	<i>Irregular, Moderate, White</i>	940.000
(A1)2	<i>Circular, Moderate, Yellow</i>	1.000.000
(A1)3	<i>Rizoid, Moderate, Pure white</i>	640.000
(A1)4	<i>Circular, Moderate, Pale white</i>	8.870.000
(A1)5	<i>Circular, Moderate, Cream</i>	12.570.000
(A2)6	<i>Circular, Large, Inner yellow</i>	880.000
(A2)7	<i>Irregular, Large, White</i>	530.000
(A2)8	<i>Circular, Large, Deep yellow</i>	3.980.000
(A2)9	<i>Circular, Small, Transparent white</i>	50.000
(A2)10	<i>Circular, Moderate, Transparent yellow</i>	50.000
(A2)11	<i>Circular, Small, Transparent pink</i>	60.000
(A2)12	<i>Irregular, Small, Yellow</i>	610.000

Bakteri endapan air lindi aerasi		
Kode	Morfologi	Jumlah Koloni (CFU/ml)
(E1)13	<i>Circular, Moderate, Yellow</i>	290.000
(E1)14	<i>Circular, Moderate, Transparent white</i>	10.000
(E1)15	<i>Circular, Small, Yellow</i>	10.000
(E2)16	<i>Circular, Small, White</i>	20.000
(E2)17	<i>Circular, Moderate, Yellow with white edges</i>	240.000

4.2 Hasil Seleksi Morfologi Bakteri Terpilih

Penelitian ini menggunakan bakteri yang berasal dari sampel air lindi dan endapan bak aerasi I dan II di IPAL lindi TPA Piyungan untuk mendegradasi kandungan COD, Amonia, dan warna pada air lindi. Bakteri yang didapatkan dari hasil isolasi sebelumnya akan diseleksi berdasarkan kombinasi dari morfologi, sifat gram dan bentuk sel yang paling berbeda, supaya tidak ada bakteri yang terpilih dengan jenis yang sama untuk diuji pada reaktor. Selain itu, pemilihan bakteri juga dipilih berdasarkan jumlah bakteri terbanyak.

Bakteri yang telah dipilih dari hasil isolasi sebelumnya lebih diidentifikasi morfologinya berdasarkan *shape, margin, elevation, size, appearance*, dan *pigmentation*, pengecekan menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 100x, sifat gram, dan juga bentuk sel dari bakteri yang didapatkan. Pengamatan morfologi bakteri pada penelitian ini mengacu pada buku *introduction to microbiology* penerbit (ATCC, 2021).

Berikut merupakan hasil seleksi morfologi bakteri terpilih :

Tabel 4. 2 Hasil morfologi air aerasi dan endapan aerasi

Bakteri air lindi aerasi			
Sampel	Morfologi Bakteri	Gram	Bentuk sel
(A1)1	<i>Irregular, Curled, Canvex, Moderate, Dull, White</i>	Negatif	Monobasil
(A1)2	<i>Circular, Entire, Flat, Moderate, Dull, Deep yellow</i>	Negatif	Monobasil
(A1)3	<i>Rizoid, Curled, Raised, Moderate, Dull, Pure white</i>	Positif	Monobasil
(A1)4	<i>Circular, Entire, Flat, Moderate, Glistening, Pale white</i>	Positif	Kokus
(A1)5	<i>Circular, Entire, Flat, Moderate, Dull, Cream</i>	Positif	Kokus
(A2)6	<i>Circular, Entire, Flat, Large, Glistening, Inner yellow</i>	Positif	Kokus
(A2)7	<i>Irregular, Entire, Flat, Large, Dull, White</i>	Negatif	Kokus
(A2)8	<i>Circular, Entire, Canvex, Large, Dull, Deep yellow</i>	Negatif	Kokus
Bakteri endapan aerasi			
Sampel	Morfologi Bakteri	Gram	Bentuk sel
(E1)13	<i>Circular, Entire, Flat, Moderate, Dull, Yellow</i>	Positif	Kokus
(E2)17	<i>Circular, Entire, Flat, Moderate, Dull, Yellow with white edges</i>	Positif	Basil

Dari hasil seleksi morfologi bakteri terpilih untuk sampel air lindi pada bak aerasi IPAL lindi TPA Piyungan terdapat 5 sampel yang memiliki bentuk *circular*, 2 sampel berbentuk *Irregular* dan 1 sampel berbentuk *Rizoid*. *Margin entire* berjumlah 6 sampel, dan *curled* berjumlah 2 sampel. *Elevation convex* 2 sampel, *raised* 1 sampel, dan *flate* 5 sampel. Serta *Apperance glistening* 2 sampel dan 6 sampel *dull*. Sedangkan untuk bakteri dari Endapan aerasi terdapat 2 sampel berbentuk *circular*. *Margin entire* berjumlah 2 sampel. *Elevation flate* 2 sampel. Serta *Apperance glistening* 2 sampel *dull*.

Pengamatan yang dilakukan tidak hanya pengamatan morfologi, namun juga perlu dilakukan pewarnaan gram bakteri. Pewarnaan gram bakteri diperlukan untuk mengetahui jenis gram bakteri dan juga untuk mengetahui bentuk dari

bakteri. Menurut Lay (1994) pewarnaan gram ini merupakan tahap penting dalam pencirian dan identifikasi bakteri.

Hasil yang diperoleh dari pewarnaan gram adalah dapat mengetahui jenis gram pada bakteri seperti gram positif atau gram negatif. Sebagian besar bakteri yang ditemukan pada air lindi adalah yang memiliki gram positif yang memberikan warna biru keunguan yang disebabkan karena tetap mengikat zat warna kristal violet – iodine meskipun diberi larutan pemucat (alcohol 96%). Sedangkan untuk bakteri yang memiliki gram negatif memiliki warna merah yang disebabkan karena pewarna kristal violet – iodine larut pada saat diberi larutan pemucat, dan dapat diwarnai oleh safranin yang berwarna merah.

Dari hasil pewarnaan bakteri dari sampel air lindi dari bak aerasi I dan II terdapat bakteri yang memiliki 3 sifat gram positif dengan bentuk sel *coccus*, 1 gram positif dengan bentuk sel monobasil, 2 sifat gram negative dengan bentuk sel monobasil, dan 2 sifat gram negative dengan bentuk sel *coccus*. Sedangkan untuk hasil pewarnaan gram untuk sampel bakteri endapan aerasi memiliki 1 sifat gram positif berbentuk *coccus* dan 1 sifat gram positif dengan bentuk monobasil.

4.3 Analisis Parameter Kimia

4.3.1 Konsentrasi COD dan Persen Removal COD

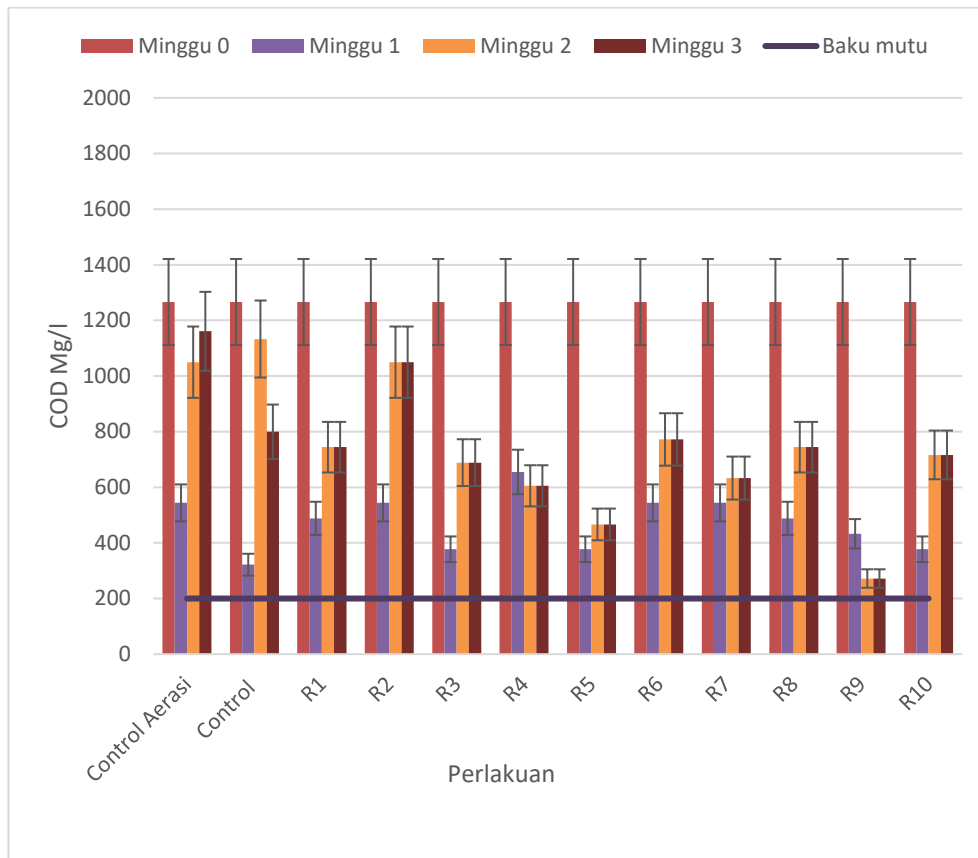
Pada gambar 4.6 dapat dilihat, selama proses running reaktor telah terjadi kenaikan dan penurunan pada kadar COD. Pada hari ke 0 menuju hari ke – 11 mengalami penurunan kadar COD dan terdapat beberapa reaktor yang mengalami kenaikan pada hari ke – 19. Penurunan kadar COD yang paling signifikan dari hari ke 0 hingga hari ke 19 adalah pada reaktor R5 dan R9. Untuk reaktor R5 dari kondisi awal memiliki kadar COD sebesar 3170 mg/l turun menjadi 110 mg/l pada hari ke- 19. Sedangkan untuk reaktor R9 dari kondisi awal memiliki kadar COD sebesar 3170 mg/l turun menjadi 135 mg/l pada hari ke-19. Sesuai dengan Permen LHK 59 tahun 2016, reaktor R5 dan R9 telah memenuhi baku mutu COD karena mampu menurunkan kadar COD hingga dibawah 300 mg/l.

Pada kedua reaktor yang mengalami penurunan kadar COD yang signifikan bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti terjadinya sebuah aktifitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik dan juga memiliki keterkaitan dengan kadar DO pada reaktor. COD berbanding terbalik dengan DO. Artinya, semakin sedikit kandungan udara di dalam air maka angka COD akan semakin besar. Besarnya angka COD tersebut menunjukkan bahwa keberadaan zat organik di air berada dalam jumlah yang besar.

DO (*Dissolved Oxygen*) adalah banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dengan satuan ppm. DO atau sering disebut oksigen terlarut ini merupakan unsur kimia yang sangat penting sebagai penunjang utama kehidupan berbagai organisme. Oksigen dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk proses respirasi dan menguraikan zat organik menjadi anorganik (Devi, 2019).

Pada reaktor kontrol aerasi juga mengalami penurunan kadar COD. Reaktor kontrol merupakan reaktor yang tidak diberikan perlakuan atau penambahan mikroorganisme sebelumnya. Penurunan yang terjadi pada reaktor kontrol disebabkan karena adanya penambahan oksigen dengan menggunakan sistem aerasi. Dengan penambahan sistem aerasi pada reaktor kontrol akan membantu meningkatkan kadar DO sehingga mampu menurunkan kadar COD. Sedangkan untuk reaktor kontrol yang tidak ditambahkan sistem aerasi, penyebab penurunan kadar COD juga ada kaitannya dengan kadar ammonia. Hasil yang sama juga terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh *Kim et al*, (2015) yang menunjukkan bahwa reaktor anaerobik berisi limbah dengan konsentrasi ammonia tinggi dengan penambahan mikroorganisme dari rumah pemotongan hewan mampu menyisihkan COD pada air limbah sebesar $\pm 62\%$ pada hari ke-15.

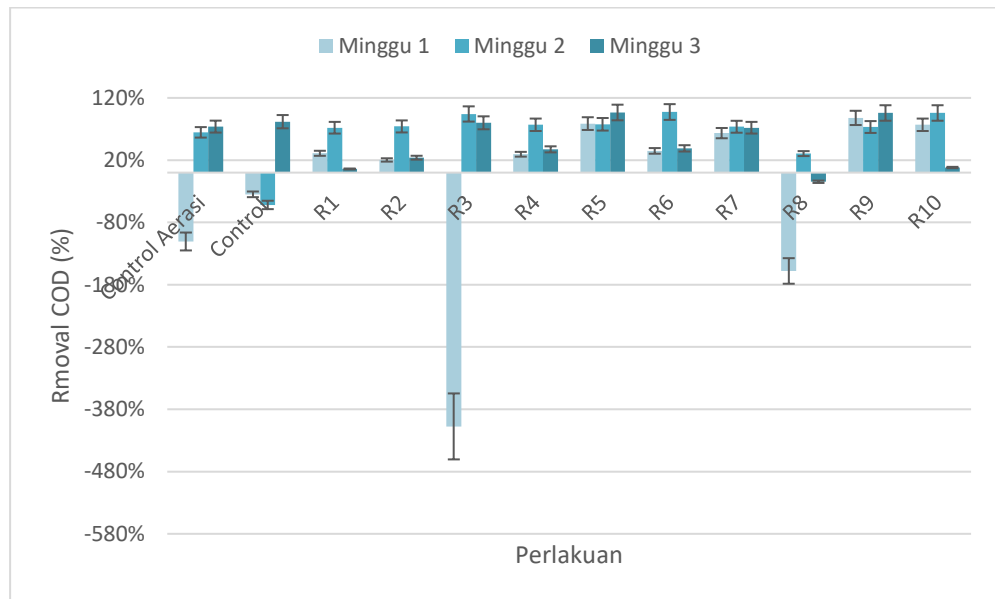
Reaktor yang mengalami kenaikan konsentrasi COD, dapat disebabkan oleh kondisi bakteri yang tidak baik, dan menurut (Miwada dkk, 2006) faktor lain yang menyebabkan kenaikan konsentrasi COD pada reaktor adalah telah terjadinya kompetisi antar bakteri sehingga menyebabkan penurunan kemampuan dalam mereduksi COD air lindi pada reaktor. Peningkatan COD juga akan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Sami, 2012).



Gambar 4. 1 Grafik hasil pengujian COD

Bar merupaka standar deviasi rata-rata error dengan $n = 2$

Dari gambar 4.7 terlihat hasil presentase removal COD selama 19 hari running reaktor pengolahan air lindi. Presentase removal tertinggi COD pada reaktor terjadi pada reaktor R5 sebesar 97% dengan gram positif dan bentuk sel *coccus*, R9 sebesar 96% dengan gram positif dan bentuk sel *coccus*, R3 80% dengan gram positif dan bentuk sel monobasil . Namun, untuk reaktor R3 dan reaktor lainnya masih memiliki konsentrasi COD yang belum sesuai dengan baku mutu sebesar 300 mg/L. Sehingga, masih diperlukan pengolahan lebih lanjut agar konsentrasi COD dapat memenuhi standar. Jika dibandingkan dengan penelitian lain yang dilakukan oleh Puji (2014), memiliki hasil penelitian dari proses kombinasi aerasi – SSF Wetland yang dilakukan pada TPA Supit Urang. Untuk penurunan konsentrasi dengan presentase penyisihan sebesar 62,1%.



Gambar 4. 2 Grafik *removal* COD
Bar merupakan standar error dengan n = 2

4.3.2 Konsentrasi Amonia dan Persen Removal Amonia

Pada gambar 4.8 terlihat hasil pengujian kadar amonia menggunakan bakteri pada sampel aerasi dan endapan aerasi TPA Piyungan, bahwa semua reaktor mengalami penurunan kadar amonia termasuk pada reaktor kontrol aerasi. Dari hasil pengujian tersebut, menunjukkan bahwa bakteri yang ada pada reactor mampu mendegradasi ammonia dengan sangat baik, dan dapat diketahui juga bahwa konsentrasi ammonia menurun disetiap minggunya. Reaktor kontrol yang merupakan reaktor tanpa perlakuan atau tanpa pemberian bakteri di dalamnya, juga mengalami penurunan kadar amonia. Hal ini dikarenakan adanya keterkaitan antara kadar amonia dan DO.

Menurut Zelni (2005) menyatakan bahwa hubungan amonia dan DO berbanding terbalik, semakin tinggi DO maka semakin rendah konsentrasi amonia. Pernyataan ini relevan dengan data pengukuran DO yang menunjukkan bahwa kadar DO terus mengalami peningkatan selama 19 hari *running* pada reaktor. Semua reaktor mengalami penurunan kadar amonia. Namun, hanya satu reaktor yang mengalami penurunan yang sesuai dengan Baku Mutu Permen LHK No 68

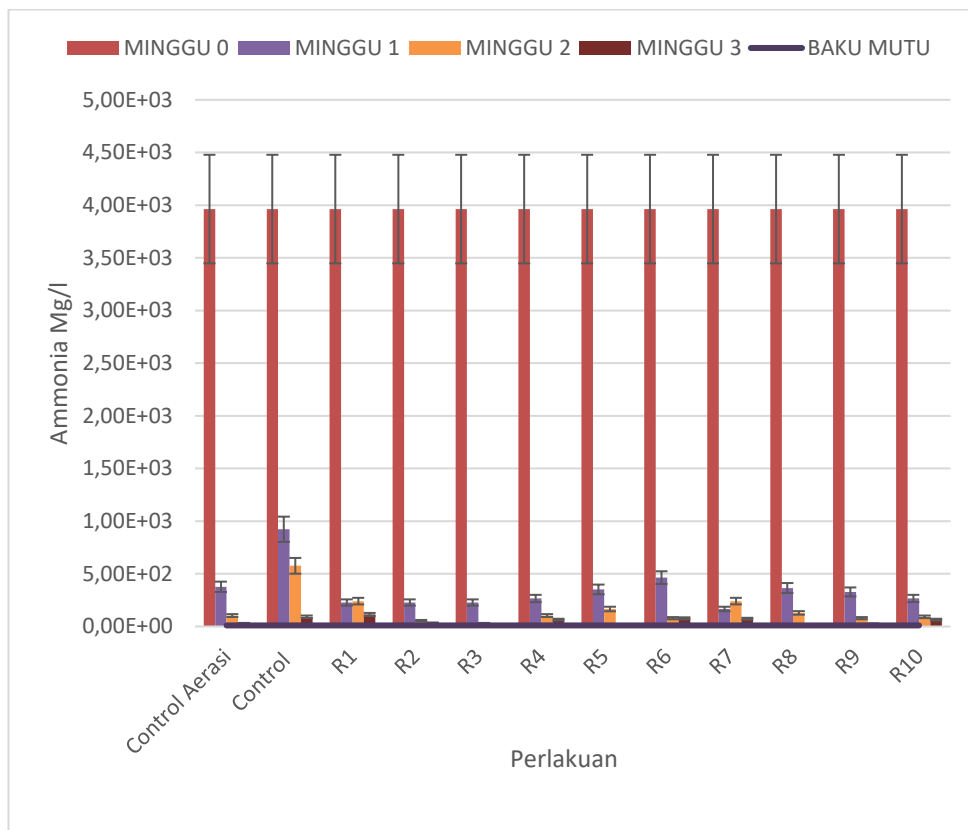
Tahun 2016 yaitu sebesar 10 mg/l. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa reactor dengan kode bakteri R5 mampu menurunkan kadar amonia sebesar 2,481 mg/L.

Peningkatan kadar DO juga dipengaruhi oleh penambahan sistem aerasi pada reaktor serta adanya pengaruh dari suhu dan pH pada reaktor. Dengan meningkatnya kadar oksigen terlarut maka mampu meningkatkan kinerja mikroorganisme dalam pertumbuhan serta kinerja dalam mendegradasi senyawa organik yang menyebabkan konsentrasi ammonia menurun (F. R. Sari et., 2013). Bakteri akan mengoksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat melalui proses nitrifikasi, dan proses ini memerlukan oksigen yang cukup untuk mendukung kinerja dari bakteri tersebut.

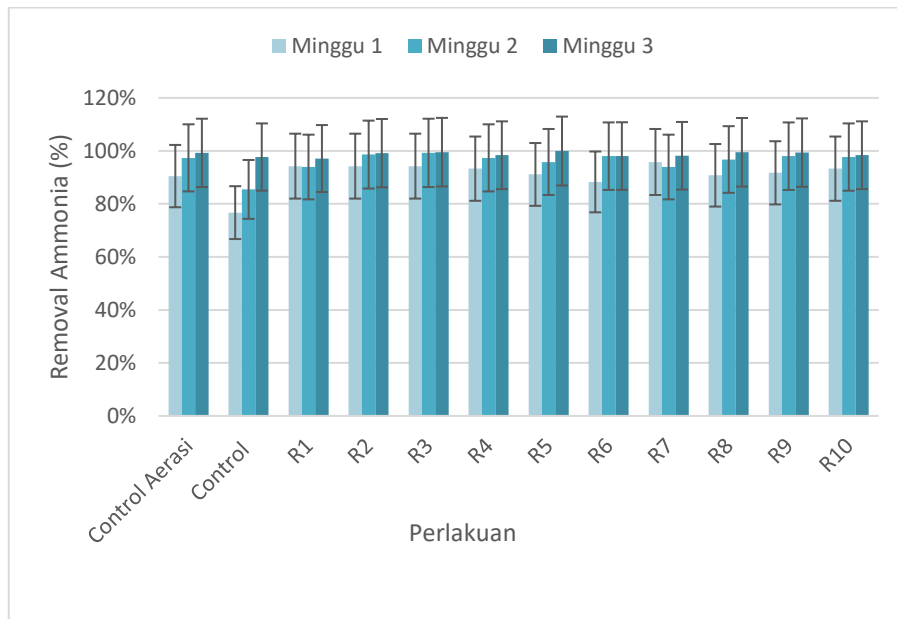
Sampel kontrol aerasi juga mengalami penurunan konsentrasi menjadi 30 mg/L. Walaupun, masih belum sesuai dengan baku mutu yang berlaku. Faktor penyebab dapat terjadinya penurunan kadar ammonia pada reaktor kontrol aerasi adalah karena adanya pemberian oksigen yang menunjang ketersediaan oksigen terlarut dengan menggunakan sistem aerasi. Sedangkan, pada reaktor kontrol yang tidak ditambahkan sistem aerasi juga mengalami penurunan kadar ammonia menjadi 92 mg/L. Terjadinya penurunan kadar ammonia pada reaktor kontrol yang tidak ditambahkan sistem aerasi bisa disebabkan karena adanya proses penguapan atau proses volatilisasi ammonia yang bisa dipengaruhi oleh kondisi pH reaktor yang tinggi. Dengan kondisi pH yang tinggi mengakibatkan ammonia yang ada didalam air cenderung berada dalam bentuk NH_3 yang memiliki sifat mudah menguap dan berkemungkinan meninggalkan air limbah (Frenny, J et.al, 1981).

Pada gambar 4.9 diagram persen removal ammonia, semua reactor memiliki persen removal yang sangat baik dalam mendegradasi kadar ammonia. Terkhusus reaktor R5 yang mampu menurunkan kadar ammonia sesuai dengan baku mutu memiliki persen removal sebesar 99,9% dengan gram positif dan bentuk sel *coccus*. Dari hasil persen removal tersebut dapat disimpulkan bahwa bakteri terpilih yang ada pada reaktor R5 mampu mendegradasi kadar ammonia dengan sangat baik. Sedangkan, untuk reaktor yang lain juga memiliki persen removal sekitar 98,06% - 99,9% dan mampu menurunkan kadar ammonia walaupun belum memenuhi

standar baku mutu yang berlaku, sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut. Nilai presentase removal yang tinggi ini dapat disimpulkan bahwa telah terjadi aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan tercemar yang terkandung dalam air lindi. Dari penelitian yang dilakukan oleh Diza (2015) hasil penelitian yang dilakukan terhadap air lindi yang berasal dari TPST Bantar Gebang menunjukkan efisiensi penyisihan ammonia yang paling baik pada lahan basah buatan didapatkan pada hari ke 10 dengan efisiensi 75,8% dengan waktu tinggal optimum selama 12 hari dan 24 hari.



Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian ammonia
Bar merupaka standar deviasi rata-rata error dengan $n = 2$



Gambar 4. 4 Grafik *removal* ammonia.

Bar merupakan standar error dengan n = 2

4.3.3 Konsentrasi Warna dan Persen Removal Warna

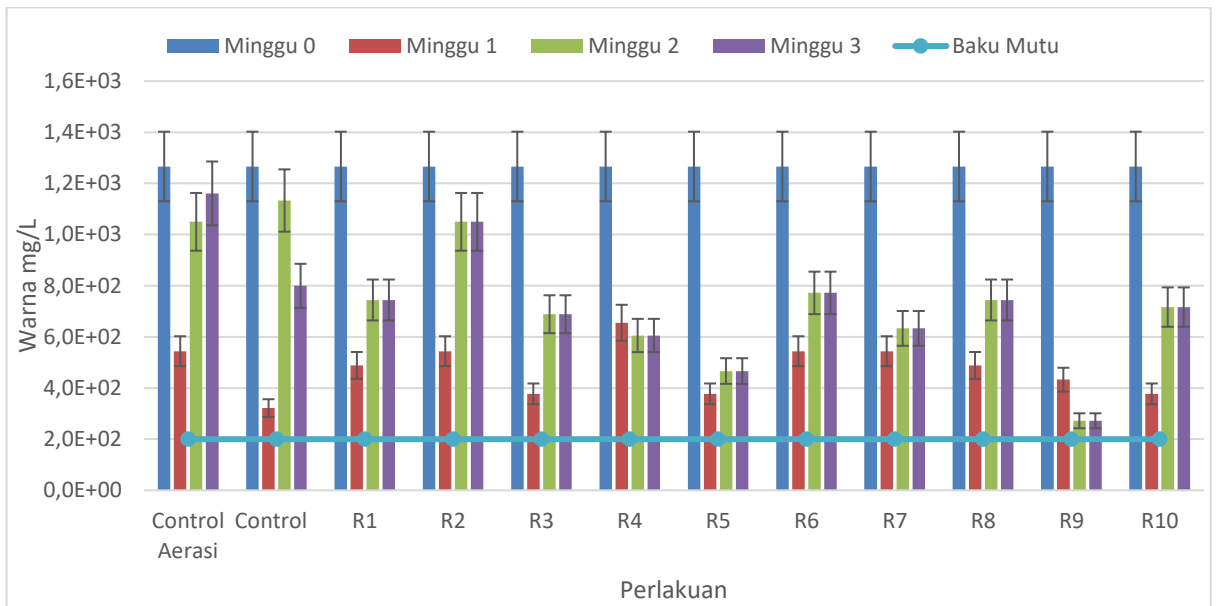
Berdasarkan hasil pengujian hanya terdapat 1 sampel bakteri yang mampu menurunkan warna air lindi sejak minggu pertama hingga minggu terakhir *running* reaktor yaitu R4, walaupun belum memenuhi standar baku mutu yaitu sebesar 200 Pt-co. Sedangkan, Untuk sampel lainnya, telah mengalami kenaikan dan penurunan nilai warna selama 19 hari *running* reaktor. Nilai awal untuk warna air lindi adalah sebesar 1266,111 Pt-co, dan reaktor R4 telah mampu menurunkan nilai warna hingga 577,5 Pt-co.

Warna dapat dipengaruhi oleh adanya mikroorganisme, bahan warna yang tersuspensi, dan senyawa organik (Mukkaromah, 2016). Warna pada air lindi juga merupakan parameter penting dalam proses pengolahan, hal ini mengindikasikan adanya kandungan bahan organik alami yang sangat tinggi terutama asam Humad, Asam Fulvic dan Humid (Zularisam, et al., 2006). Mikroorganisme mampu menghilangkan nilai warna melalui dua cara, yaitu dengan adsorpsi oleh mikroorganisme atau dengan degradasi pewarna oleh sel maupun enzim dalam mikroorganisme. Bakteri akan memanfaatkan enzim xenobiotik dari zat warna sebagai substrata atau sumber energi untuk membentuk sel dan produk

metabolism (Graham, 2000). Penurunan yang terjadi pada reaktor control dapat terjadi karena adanya proses degradasi warna oleh sinar matahari yang disebut fotodegradasi. Proses ini terjadi karena adanya penguraian senyawa dengan bantuan energi foton yang berasal dari sinar matahari (Salsabila, 2019).

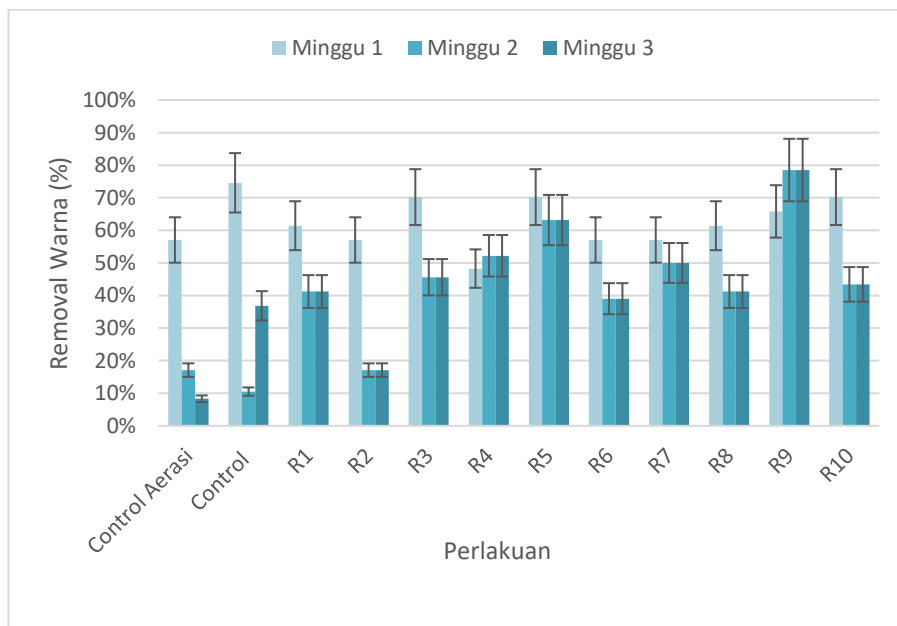
Pada beberapa reaktor juga mengalami kenaikan pada zat warna. Penyebab dari kenaikan ini dikarenakan metabolisme bakteri yang kurang baik. Zat warna yang digunakan sebagai sumber karbon juga bisa saja tidak sesuai dengan kebutuhan metabolisme bakteri yang mengakibatkan mengganggu proses pemecahan zat warna (Hsuch, 2009).

Pada gambar 4.10, removal warna berada pada range 8%-54%. Dengan removal terendah dimiliki oleh reaktor kontrol aerasi yaitu sebesar 8%, dan removal tertinggi dimiliki oleh reaktor R4 sebesar 54% dengan gram positif dan bentuk sel berupa *coccus*. Namun, semua reaktor belum terdapat sampel yang mampu menurunkan nilai warna sesuai dengan standar baku mutu yang berlaku yaitu sebesar 200 Pt-Co. sehingga, masih memerlukan pengolahan lanjutan agar air lindi dapat mencapai standar baku mutu yang sesuai. Dari penelitian yang dilakukan oleh Mayasta (2018) menyebutkan bahwa penurunan konsentrasi warna pada air lindi TPA Bakung dengan persen penurunan sebesar 16%.



Gambar 4. 5 Grafik hasil pengujian warna.

Bar merupaka standar deviasi rata-rata error dengan n = 2



Gambar 4. 6 Grafik *removal* ammonia.

Bar merupakan standar error dengan n = 2

4.4 Hasil Parameter Fisika

Pengecekan parameter fisika dilakukan pada setiap reaktor dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri yang dimasukkan reaktor dan untuk mengetahui penyebab perubahan pada parameter kimia. Berikut merupakan data rata-rata karakteristik untuk parameter fisika dan parameter kimia :

Tabel 4. 3 Hasil Data Pengukuran Parameter Fisik - Kimia

Reaktor	pH	Temp (°C)	EC (mS/cm)	TDS (ppm)	ORP (mV)
Control Aerasi	9,25 ± 2,21 (8,97 – 9,59)	23,45 ± 6,57 (21,6 – 26,5)	3292,78 ± 24,75 (2530 – 5810)	1655,56 ± 25,39 (1220 – 2870)	-127,3 ± -10,44 (-149 - -110)
R1	9,21 ± 1,81 (9,01 – 9,52)	23,56 ± 5,9 (21,4 – 26,4)	3880 ± 14,87 (3010 – 5200)	2091,05 ± 37,74 (1610 – 5200)	-125,27 ± -8,77 (-146 - -113)
R2	9,18 ± 2,74 (8,75 – 9,53)	23,54 ± 5,63 (21,6 – 26,4)	4150,53 ± 15,96 (3240 – 5630)	2044,74 ± 17,9 (1400 – 2820)	-122 ± -11,05 (-145 - -99)
R3	9,13 ± 1,69 (8,99 – 9,46)	23,49 ± 5,86 (20,7 – 26,4)	3698,42 ± 8,49 (3170 – 4380)	1842,11 ± 9,87 (1430 – 2210)	-120,18 ± -8,47 (-142 - -111)
R4	9,25 ± 3,37 (9,01 – 10,12)	23,58 ± 6,77 (20,5 – 26,5)	4176,32 ± 20,04 (3310 – 6070)	2039,47 ± 18,54 (1610 – 3020)	-123 ± -7,54 (-140 - -110)
R5	9,23 ± 3,75 (8,82 – 10,12)	23,32 ± 6,51 (20,5 – 26,4)	3775,26 ± 14,52 (3180 – 4970)	1888,42 ± 14,53 (1570 – 2500)	-125,45 ± -17,01 (-180 - -102)
R6	9,23 ± 1,47 (9,08 – 9,49)	23,46 ± 5,79 (21,6 – 26,4)	4108,42 ± 18,16 (3330 – 5840)	2024,74 ± 19,82 (1210 – 2890)	-125,55 ± -7,26 (-143 - -116)
R7	9,21 ± 1,89 (8,94 – 9,56)	23,69 ± 5,51 (21,8 – 26,5)	4155,26 ± 18,28 (3230 – 5810)	2043,68 ± 19,59 (1400 – 2910)	-124,91 ± -9,21 (-147 - -108)
R8	9,09 ± 2,64 (8,56 – 9,37)	23,68 ± 6,29 (21,5 – 26,7)	4252,11 ± 15,69 (3390 – 5890)	2102,11 ± 16,27 (1680 – 2940)	-117,91 ± -13,21 (-140 - -88)
R9	8,97 ± 5,69 (8,9- 9,9)	23,42 ± 6,01 (20,7 – 26,4)	3781,05 ± 14,23 (2810 – 5050)	1931,05 ± 12,36 (1710 – 2540)	-114,64 ± -11,59 (-141 - -102)
R10	9,21 ± 1,51 (9,06 – 9,49)	23,52 ± 5,72 (21,4 – 26,2)	3607,37 ± 12,57 (3140 – 4670)	1796,84 ± 12,59 (1560 – 2330)	-124,73 ± -7,21 (-143 - -114)

Keterangan : semua nilai diatas berisi nilai berupa rata-rata ± standar deviasi. Sedangkan, untuk nilai yang berada di dalam kurung merupakan nilai minimum dan maksimum (untuk n data pada parameter pH, temperature, EC, TDS, dan ORP secara berturut-turut : 12, 19, 19,19, 12. Reaktor kontrol hanya berisi air lindi sedangkan untuk reaktor (A1)1 sampai (E2)10 berisi bakteri terpilih dari air lindi aerasi dan endapan aerasi dari TPA Piyungan.

Keterangan :

(A1) : Bakteri dari sampel aerasi I

(A2) : Bakteri dari sampel aerasi II

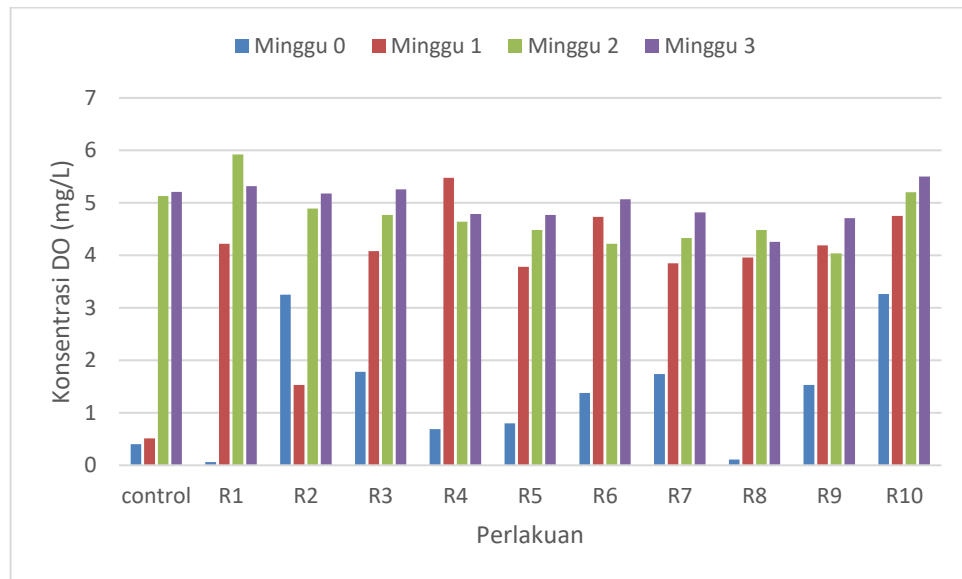
(E1) : Bakteri dari sampel endapan aerasi I

(E2) : Bakteri dari sampel endapan aerasi II

a. DO (*Dissolved Oxygen*)

DO (*Dissolved Oxygen*) atau sering disebut sebagai oksigen terlarut adalah banyaknya oksigen yang terkandung didalam air dan diukur dalam satuan ppm. Semakin besar oksigen terlarut, maka menunjukkan derajat pengotoran yang relatif kecil. Rendahnya nilai oksigen terlarut berarti beban pencemaran meningkat (Simanjuntak, 2007). Penyebab utama berkurangnya oksigen terlarut di dalam air adalah adanya bahan-bahan organik yang banyak mengonsumsi oksigen sewaktu penguraian berlangsung (Hadick dan Jatna, 1998).

Oksigen terlarut dalam air dimanfaatkan oleh organisme perairan untuk respirasi dan penguraian zat-zat organik oleh mikroorganisme. Konsentrasi oksigen terlarut dalam keadaan jenuh bervariasi salah satunya tergantung dari suhu (Fardiaz,1992). Pengukuran DO dilakukan menggunakan DO meter. Berikut merupakan hasil pengukuran DO pada reaktor pengolahan air lindi :



Gambar 4. 7 Grafik hasil uji DO

Konsentrasi DO selama pengolahan mengalami peningkatan hingga hari ke 19. Faktor yang menyebabkan kadar DO meningkat dapat dipengaruhi oleh suhu, kepadatan organisme dan penambahan sistem aerasi. Peningkatan kadar DO dapat menjadi parameter penentu untuk kualitas air. Dengan meningkatnya kadar DO maka semakin baik kondisi airnya, karena oksigen merupakan salah satu unsur kimia yang sangat penting sebagai penunjang utama kehidupan berbagai organisme.

b. pH (Potential Hydrogen)

Parameter pH di ukur menggunakan alat pH meter. Selama pengukuran berlangsung nilai pH dalam air lindi di setiap reaktor berkisar 8,17 – 10,12. Nilai pH cenderung mengalami peningkatan, dikarenakan bahan organik yang ada pada reaktor mengalami dekomposisi dengan baik, yang mana pada proses ini bahan organik terminerisasi sehingga melepaskan mineral berupa kation basa (Manurung, 2013). Parameter pH merupakan variable penting dalam upaya kualitas air (Boyd, dkk, 2011). Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh senyawa / kandungan dalam air lindi tersebut. Semakin rendah pH (asam), maka keanekaragaman organisme semakin menurun, hal ini juga akan memengaruhi perkembangan dari bakteri yang ada pada reaktor. Sebaliknya, kenaikan

pH (semakin besar konsentrasi ion OH^-) maka akan memberikan peran dalam memberikan kondisi alkali untuk mengoksidasi ammonia. (Marta, 2015).

c. Suhu

Hasil pengecekan dari parameter suhu cenderung cukup fluktuatif dengan temperatur terendah yang tercatat mencapai 20,5 °C dan temperatur tertinggi mencapai 26,7°C. Adanya kenaikan dan penurunan suhu juga dapat memberikan pengaruh terhadap kadar DO. Karena kelarutan oksigen di dalam air akan berkurang jika suhu mengalami peningkatan dan begitu juga sebaliknya (Handayani, 2012).

Terdapat beberapa faktor yang menjadi penyebab terjadi fluktuasi pada hasil pengukuran parameter suhu, seperti dikarenakan penyinaran matahari, suhu sekitar reaktor, dan juga proses dekomposisi yang terjadi pada air lindi (Sari, 2017).

4.5 Perhitungan Jumlah Bakteri

Perhitungan jumlah koloni bakteri dilakukan pada hari ke-0 dan hari ke-19 pada masing-masing reaktor yang berisi bakteri terpilih. Pengamatan jumlah koloni bakteri dilakukan untuk mengetahui jumlah bakteri yang hidup selama proses *running reactor*. Terlihat pada Tabel 4. Dapat diketahui bahwa terdapat beberapa reaktor yang mengalami kenaikan dan juga penurunan jumlah koloni. Fluktuasi jumlah koloni bakteri tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain seperti nutrisi makanan, suhu, dan derajat keasaman (pH).

Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat pertumbuhan bakteri pada sampel air lindi melalui jumlah koloni yang dihitung. Terlihat dari tabel 4. Beberapa bakteri mengalami kenaikan terutama pada bakteri yang memiliki potensi dalam mendegradasi zat pencemar COD, ammonia, dan warna. Reaktor yang mampu menurunkan kadar COD adalah reaktor dengan kode R5 berisi bakteri terpilih dengan kode (A1)5, R9 berisi bakteri terpilih dengan kode (E1)13, dan R3 berisi bakteri terpilih dengan kode (A1)3. Reaktor yang mampu menurunkan kadar ammonia adalah reaktor dengan kode R5 berisi bakteri terpilih dengan kode (A1)5.

Dan untuk reaktor yang mampu menurunkan kadar warna adalah R4 berisi bakteri terpilih dengan kode (A1)4.

Dari ketiga bakteri yaitu (A1)5, (A1)3, dan (E1)13 mengalami peningkatan untuk jumlah koloni yang pada reaktor. Sedangkan untuk bakteri (A1)4 mengalami penurunan jumlah koloni, salah satu penyebab terjadi penurunan jumlah koloni ini disebabkan oleh kondisi bakteri yang tidak baik dan telah terjadi kompetisi antar bakteri (Miwada dkk. 2006). Berikut merupakan grafik pengujian *Total plate count* (TPC) :

Tabel 4. 4 Grafik Hasil Perhitungan Jumlah Bakteri

No	Kode	Jumlah Koloni Awal (CFU/ml)	Jumlah Koloni Akhir (CFU/ml)
1	(A1)1	940.000	4.200.000
2	(A1)2	1.000.000	850.000
3	(A1)3	640.000	2.800.000
4	(A1)4	8.870.000	1.850.000
5	(A1)5	12.570.000	13.705.000
6	(A2)6	880.000	2.100.000
7	(A2)7	530.000	250.000
8	(A2)8	3.980.000	1.200.000
9	(E1)13	290.000	4.700.000
10	(E2)17	240.000	100.000

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data hasil pengamatan dapat disimpulkan :

1. Bakteri yang ditemukan pada air lindi dan endapan aerasi memiliki karakteristik shape berupa *Circular*, *Irregular*, dan *Rizoid*. *Margin* berupa *Entire* dan *Curled*. *Elevation* berupa *flat*, *Canvex*, dan *Raised*. *Size* berupa *Moderate* dan *large*. Selain itu, terdapat 2 bakteri gram negatif *monobasil*, 1 bakteri gram positif *monobasil*, 4 bakteri gram positif *kokus*, 2 bakteri gram negatif *kokus*, dan 1 bakteri gram positif *basil*.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bakteri yang terdapat di air lindi dan endapan aerasi mempunyai efektivitas yang berbeda-beda dalam mendegradasi parameter COD, Amonia, dan Warna. Pada 10 isolat terdapat 6 isolat yang mampu mendegradasi parameter COD sebesar 6%-97% dengan persen *removal* tertinggi dimiliki oleh bakteri dengan kode (A1)5 yang memiliki gram positif dan bentuk sel *coccus*. Pada 10 isolat terdapat 9 isolat yang mampu menurunkan nilai warna sebesar 8%-54% dengan persen *removal* tertinggi dimiliki oleh bakteri dengan kode (A1)4 yang memiliki gram positif dan bentuk sel *coccus*. Sedangkan untuk parameter ammonia, semua bakteri memiliki kemampuan untuk mendegradasi ammonia sebesar 97%-99% dengan persen *removal* tertinggi dimiliki oleh bakteri dengan kode (A1)5 yang memiliki gram positif dan bentuk sel *coccus*.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan pengamatan dapat disarankan :

1. Genus bakteri yang telah ditemukan dapat dilanjutkan identifikasinya sehingga diketahui spesies bakteri dan dapat dimaksimalkan pemanfaatannya.
2. Proses *running reactor* perlu dilakukan dalam jangka waktu yang lebih lama agar mampu mengurangi zat pencemar di dalam air lindi secara maksimal dan hasil *effluent* sesuai dengan baku mutu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ali M. 2011. *Monograf Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan Dan Kesehatan*. UPN Press. Surabaya
- Alfi, Rahmi. 2019. *Identifikasi Pengaruh Air Lindi (Leachate) terhadap Kualitas Air di sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tanjung Belit*. *Jurnal APTEK* Vol 11 No 1
- Alfiandy, D. (2003). *Pengolahan leachate di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tompogunung Kabupaten Semarang* (pp. 1-92). <https://eprints.undip.ac.id/11868/1/2003MIL3853.pdf>
- Abdul, Kahar. (2018). *Pengaruh Temperatur dan pH Terhadap COD, BOD, dan VFA pada Pengolahan Lindi TPA Sampah Kota dalam Bioreaktor Anaerobik*. *Pros Semnas KPK* Vol. 1 Tahun 2018
- Amra Serdarevic. *Landfill Leachate Management-Control and Treatment*. *University of Sarajevo*. Diakses tanggal 22 Juli 2022
- Annonim 1, 2012. *Buku Diseminasi Dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP “Materi Bidang Sampah II”*, Direktorat Jendral Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum
- Arya, Rezagama. 2017. *Pengolahan air lindi TPA Jatibarang menggunakan fenton (H₂O₂ – Fe)*. *Jurnal Presipitasi* Vol. 14 No 1
- Departemen Pekerjaan Umum. 2013. *Persyaratan Teknis Penyediaan Pengoperasian Penutupan atau Rehabilitasi TPA*. Retrieved from <http://birohukum.pu.go.id/uploads/DPU/2013/Lamp3-PermenPU03-2013.pdf>
- dr. Lisa Tenriesa M., M. MedSc. dr Firdaus Hamid, PhD. *Buku Panduan Kerja Keterampilan “Teknik pembuatan preparate apus, pewarnaan gram (gram staining) dan pengamatan hasil pewarnaan gram*. [Manual-CSL-1-Pewarnaan-Gram.pdf \(unhas.ac.id\)](#) Diakses 30 Juni 2022
- Dwidjoseputro, D. 2005. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Malang : Penerbit Djambatan
- Elya Hatini, Yanto Yulianto. *Kajian Dampak Pencemaran Lindi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Ciangir Terhadap Kualitas Air dan Udara*. *Jurnal Siliwangi* Vol4 No. 1 2018
- Erni Mahluddin. *Pengaruh Lindi (Leachate) Sampah terhadap air sumur penduduk sekitar tempat pembuangan akhir (TPA) Air Dingin*. *Jurnal Kesehatan*, Maret 2013 Vol 7 No 2
- Erwin, Riansyah. *Pemanfaatan Lindi Sampah Sebagai Pupuk Cair*. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* Vol 4 No 1
- Fajariyah, C. dan Mangkoediharjo, S. 2017. *Kajian Literatur Pengolahan Lindi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah dengan Teknik Lahan Basah menggunakan Tumbuhan Air*. *Jurnal Teknik ITS*. Vol 6 No 2 Hal:D-190-D195
- Fardiaz, S. 1989. *Mikrobiologi Pangan*. Bogor : IPB

- Gusmaweti. 2015. *Analisis parameter fisika-kimia sebagai salah satu penentu kualitas perairan batang palangki Kabupaten Sijunjung, Sumatera Barat*. FKIP Universitas Bung Hatta. Padang
- Habibi, Hidayat. 2015. *Identifikasi Morfologi dan Uji Aktivitas Antimikroba terhadap bakteri Escherichia coli dari Fermentasi Buah Markisa (Passiflora sp.)*. Jurnal Ilmu-Ilmu MIPA. ISSN : 1411-1047
- Hardiwidodo, M., Oktawan, W., Primadani, A. R., Bernadette Nusye Parasmita, & Gunawan, I. 2012. *Pengolahan air lindi dengan proses kombinasi biofilter anaerob-aerob dan wetland*. *Jurnal Presipitasi*, 9(2), 84-95.
- Intan, Muning Harjanti. 2020. *Pengelolaan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang, Kota Semarang*. *Jurnal Planologi* Vol 17 No 2
- Ika Bayu Kartika dkk. 2020. *Pengujian Toksisitas Lindi Instalasi Pengolahan Lindi TPA Piyungan pada Daphnia sp. Dengan Whole Effluent Toxicity*. Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan* Volume 18 Issue 2 : 297-304
- Ivnaini Andesgur, Luqman Hakim, Tatang Shabur. *Pengolahan Lindi (Leachate) dari TPA dengan proses elektrokoagulasi-sedimentasi dan filtrasi*. *Jurnal Sains dan Teknologi* 13 (1), Maret 14 : 28-34
- Joko Prayitno Susanto. 2004. *Pengolahan lindi (leachate) dari tpa dengan sistem koagulasi-biofilter anaerobic*. Yogyakarta. *Tek Ling P3TL-BPPT* 5(3):167-173
- Khamid, Mohammad Abdul. 2013. *Identifikasi bakteri aerob pada lindi hasil sampah dapur di dusun sukunan yogyakarta*. *KES MAS* Vol. 6 No 1
- Kevin, Febrianus. 2019. *Laporan Praktikum Mikrobiologi "Pewarnaan Gram"*. Universitas Esa Unggul. Jakarta
- Kurnia Riwu Manu. *Sterilisasi, teknik aseptik laboratorium, media pertumbuhan bakteri dan isolasi bakteri*. [\(3\) Identifikasi Bakteri](#) Diakses tanggal 30 Juni 2022
- Kirmiyati, Sri. 2009 . *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Gram Negatif pada Luka Ikan Maskoki (Carassius auratus) akibat infestasi Ektoparasit Argulus sp.* *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan* Vol. 1 No. 2
- Marthen, Luthe dkk. 2020. *Pewarnaan Gram*. Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Adhi Tama. Surabaya
- Mayasta, Dyah. 2019. *Penurunan kadar BOD dan warna pada air lindi menggunakan media serbuk kayu jati*. Institut Teknologi Sumatera. Lampung.
- Mikdarullah, Aditya Nugraha. *Teknik Isolasi Bakteri Proteolitik Dari Sumber Air Panas Ciwidey, Bandung*. *Jurnal Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, 15 (1) 2017, 11-14
- Moshood, A Yusuf. 2012. *Isolation and Identification of Bacteria in Retailed Smoked Fish, Within Bauchi Metropolis*. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*. ISSN : 2278-3008 Vol 3, Issue 1
- Mukaromah, R. 2016. *Analisis sifat fisik dalam studi kualitas air di mata air sumber asem Dusun Kalijeruk, Desa Siwuran, Kecamatan Garung*

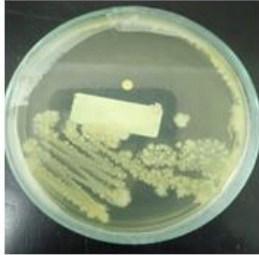
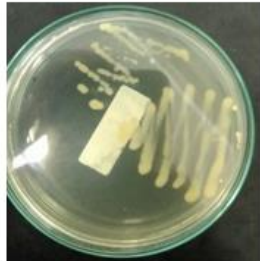

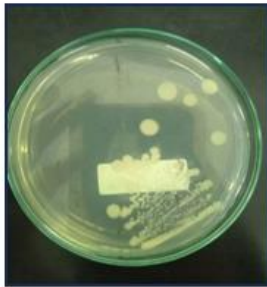
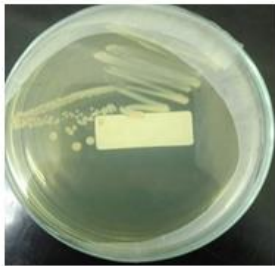
Kabupaten Wonosobo. Skripsi Jurusan Fisika : Universitas Negeri Semarang


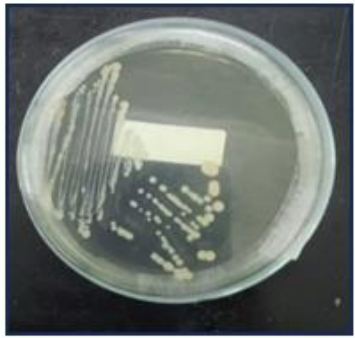


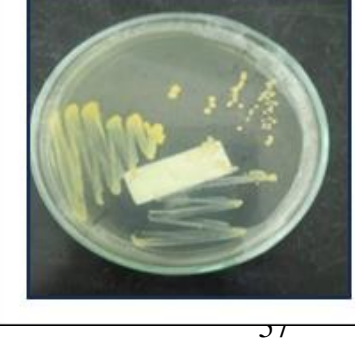
- Mustofa, Arif. 2019. *Sebaran kandungan oksigen terlarut perairan Pantai sebagai daya dukung usaha tambak di Kabupaten Jepara. Jurnal Disprotek*. Volume 10 Nomor 2
- Nahalya and Ramachandra. 2006. *Phytoremediation processes and mechanisms*. India. *J Ecobiol* 18 (1) 33-38
- Nur, Indradewi. 2015. *Kajian hubungan konsentrasi ammonia dan chemical oxygen demand (COD) dalam pengolahan air limbah secara anaerob*. *Jurnal Purifikasi*, vol. 15 no 2
- Rahmi, Alfi dan Edison, Bambang. 2019. *Identifikasi Pengaruh Air Lindi (Leachate) Terhadap Kualitas Air Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tanjung Belit. Jurnal APTEK*. Vol 11 No 1
- Raheesa, M Khatib. 2014. *Modern Identification Methods of Bacteria. Journal of Agriculture and Allied Sciences*. Vol 3 Issue 3
- Reci Rakhmadasari. *Penurunan konsentrasi timbal (pb) pada lindi tpa piyungan dengan metode elektrokoagulasi*. Yogyakarta : Milik Perpustakaan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas IslamIndonesia.
- Rinawati. 2016. *Penentuan kandungan zat padat (Total Dissolve Solid dan Total Suspended Solid) di perairan teluk lampung. Analit* vol 1 No 01
- Sayuti, Irda. 2016. *Identifikasi bakteri pada sampah organik pasar kota pekanbaru dan potensinya sebagai rancangan lembar kerja siswa (lks) biologi sma. Jurnal Biogenesis* Vol. 13(1):51-60
- Supriatna, et al. (2018). *Hubungan pH dengan Parameter Kualitas Air pda Tambak Intensif Udang Vannamei (Litopenaeus vannamei)*. *Journal of Fisheries and Marine Research* Vol.4 No.3
- Usman, Sarip. 2014. *Pengolahan air limbah sampah (lindi) dari tempat pembuangan akhir sampah (tpa) menggunakan metode constructed wetland. Jurnal Kesehatan* Vol V, Nomor 2
- Wati, D. S. & Rukmanasari. 2013. *Pembuatan biogas dari limbah cair industri bioethanol melalui proses anaerob*. Universitas Diponegoro. Semarang
- Yusuf, W., Marsudi, & Friadi, Y. 2015. *Desain instalasi pengolahan leachate (ipl) di tpa entikong kabupaten sanggau. Jurnal Teknik Lingkungan*, 1-11
- Zularisam, A., Ismail, A. & Salim, R., 2006. *Behaviours of natural organic matter in membrane filtration for surface water treatment a review*. 194(211-231)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Morfologi Bakteri Aerasi dan Bakteri Endapan Aerasi

No	Sampel	Gambar	Morfologi	
1	(A1)4		Bentuk	Irregular
			Margin	Curled
			Elevation	Canvex
			Ukuran	Moderate
			Appreance	Dull
			Warna	Putih
2	(A1)8		Bentuk	Circular
			Margin	Entire
			Elevation	Flat
			Ukuran	Moderate
			Appreance	Dull
			Warna	Kuning pekat
3	(A1)9		Bentuk	Rizoid
			Margin	Curled
			Elevation	Raised
			Ukuran	Moderate
			Appreance	Dull
			Warna	Putih pekat
4	(A1)12		Bentuk	Circular
			Margin	Entire
			Elevation	Flat
			Ukuran	Moderate
			Appreance	Glistening
			Warna	Putih pucat
5	(A1)13		Bentuk	Circular
			Margin	Entire
			Elevation	Flat
			Ukuran	Moderate
			Appreance	Dull
			Warna	Cream

6	(A2)14		Bentuk	Circular
			Margin	Entire
			Elevation	Flat
			Ukuran	Large
			Appreance	Glistening
			Warna	Kuning bagian dalam
7	(A2)15		Bentuk	Irregular
			Margin	Entire
			Elevation	Flat
			Ukuran	Large
			Appreance	Dull
			Warna	Putih
8	(A2)16		Bentuk	Circular
			Margin	Entire
			Elevation	Convex
			Ukuran	Large
			Appreance	Dull
			Warna	Kuning pekat
9	(E1)17		Bentuk	Circular
			Margin	Entire
			Elevation	Flat
			Ukuran	Moderate
			Appreance	Dull
			Warna	Kuning
10	(E2)19		Bentuk	Circular
			Margin	Entire
			Elevation	Flat
			Ukuran	Moderate
			Appreance	Dull
			Warna	Kuning pinggiran putih

Lampiran 1. 2 Hasil Uji COD Minggu 1

No	SAMPLE	NILAI ABSORBANSI	NILAI X C	KADAR COD	Fp	RATA - RATA
1	4	0,035	88,10	2202,5	25	2186,1
		0,037	86,79	2169,8	25	
2	8	0,067	98,5	2462,5	50	2525
		0,068	103,5	2587,5	50	
3	9	0,177	648,5	16212,5	50	16087,5
		0,175	638,5	15962,5	50	
4	12	0,033	89,41	2235,1	25	2235,1
		0,033	89,41	2235,1	25	
5	13	0,049	8,5	425	50	675
		0,051	18,5	925	50	
6	14	0,044	82,22	2055,4	25	2063,6
		0,043	82,87	2071,7	25	
7	15	0,07	113,5	1135	10	1160
		0,071	118,5	1185	10	
8	16	0,08	163,5	8175	50	8175
		0,08	163,5	8175	50	
9	17	0,055	38,5	385	10	385
		0,055	38,5	385	10	
10	19	0,064	83,5	835	10	735
		0,06	63,5	635	10	
13	CONTROL AERASI	0,073	128,5	6425	50	6675
		0,075	138,5	6925	50	
11	CONTROL	0,08	163,5	4087,5	25	4275
		0,083	178,5	4462,5	25	

Lampiran 1. 3 Hasil Uji COD Minggu 2

No	SAMPLE	NILAI ABSORBANSI	NILAI X C	KADAR COD	Fp	RATA - RATA
1	4	0,065	88,50	885	10	885
		0,065	88,50	885	10	
2	8	0,044	82,22	822	20	819
		0,045	81,56	816	20	
3	9	0,052	23,50	235	20	185
		0,05	13,50	135	20	
4	12	0,062	73,50	735	10	735
		0,062	73,50	735	10	
5	13	0,061	68,50	685	10	710
		0,062	73,50	735	10	
6	14	0,047	-1,50	-15	10	85
		0,051	18,50	185	10	
7	15	0,042	83,52	835	10	835
		0,042	83,52	835	10	
8	16	0,035	88,10	2202	25	2202
		0,035	88,10	2202	25	
9	17	0,04	84,83	848	10	848
		0,04	84,83	848	10	
10	19	0,051	18,50	185	10	135
		0,049	8,50	85	10	
13	CONTROL AERASI	0,056	43,50	870	20	1120
		0,061	68,50	1370	20	
11	CONTROL	0,111	318,50	4778	15	4815
		0,112	323,50	4853	15	

Lampiran 1. 4 Hasil Uji COD Minggu 3

No	SAMPLE	NILAI ABSORBANSI	NILAI X C	KADAR COD	Fp	RATA - RATA
1	4	0,107	298,50	2985	10	2985,0
		0,107	298,50	2985	10	
2	8	0,094	233,50	2335	10	2410
		0,097	248,50	2485	10	
3	9	0,06	63,50	635	10	635
		0,06	63,50	635	10	
4	12	0,086	193,50	1935	10	1985,0
		0,088	203,50	2035	10	
5	13	0,048	3,50	35	10	110
		0,051	18,50	185	10	
6	14	0,085	188,50	1885	10	1935,0
		0,087	198,50	1985	10	
7	15	0,065	88,50	885	10	885
		0,065	88,50	885	10	
8	16	0,12	363,50	3635	10	3635
		0,12	363,50	3635	10	
9	17	0,048	3,50	35	10	135
		0,052	23,50	235	10	
10	19	0,12	363,50	3635	10	3685
		0,122	373,50	3735	10	
13	CONTROL AERASI	0,043	82,87	829	10	828,6928105
		0,043	82,87	829	10	
11	CONTROL	0,054	33,50	503	15	577,5
		0,056	43,50	653	15	

Lampiran 1. 5 Hasil Uji Amonia Minggu 1

Sampel	Panjang Gelombang	Pengenceran	Nilai X C	Kadar amonia
Control Aerasi	0,049	1000	0,377	377,171
Control	0,093	1000	0,923	923,077
(A1)4	0,037	1000	0,228	228,288
(A1)8	0,037	1000	0,228	228,288
(A1)9	0,04	1000	0,266	265,509
(A1)12	0,047	1000	0,352	352,357
(A1)13	0,045	1000	0,328	327,543
(A2)14	0,056	1000	0,464	464,020
(A2)15	0,032	1000	0,166	166,253
(A2)16	0,048	1000	0,365	364,764
(E1)17	0,045	1000	0,328	327,543
(E2)19	0,04	1000	0,266	265,509

Lampiran 1. 6 Hasil Uji Amonia Minggu 2

Sampel	Panjang Gelombang	Pengenceran	Nilai X C	Kadar amonia
Control Aerasi	0,027	1000	0,104	104,2184
Control	0,065	1000	0,576	575,6824
(A1)4	0,038	1000	0,241	240,6948
(A1)8	0,023	1000	0,055	54,5906
(A1)9	0,021	1000	0,030	29,7767
(A1)12	0,027	1000	0,104	104,2184
(A1)13	0,032	1000	0,166	166,2531
(A2)14	0,025	1000	0,079	79,4045
(A2)15	0,038	1000	0,241	240,6948
(A2)16	0,029	1000	0,129	129,0323
(E1)17	0,025	1000	0,079	79,4045
(E2)19	0,026	1000	0,092	91,8114

Lampiran 1. 7 Hasil Uji Amonia Minggu 3

Sampel	Panjang Gelombang	Pengenceran	Nilai X C	Kadar amonia
Control Aerasi	0,021	1000	0,030	29,77667494
Control	0,026	1000	0,092	91,81141439
(A1)4	0,037	500	0,228	114,1439206
(A1)8	0,023	625	0,055	34,1191067
(A1)9	0,021	625	0,030	18,61042184
(A1)12	0,027	625	0,104	65,13647643
(A1)13	0,019	500	0,005	2,481389578
(A2)14	0,031	500	0,154	76,92307692
(A2)15	0,028	625	0,117	72,89081886
(A2)16	0,022	500	0,042	21,09181141
(E1)17	0,022	625	0,042	26,36476427
(E2)19	0,027	625	0,104	65,13647643

Lampiran 1. 8 Hasil Uji Warna Minggu 1

No	Sampel	Nilai ABS	Nilai x (c)	fp	Nilai Pt-Co	Rata-rata
1	(A1)4	0,003	9,7667	50	488,33	488,33
		0,003	9,7667		488,33	
		0,003	9,7667		488,33	
2	(A1)8	0,003	9,7667		488,33	543,89
		0,003	9,7667		488,33	
		0,004	13,1000		655,00	
3	(A1)9	0,003	9,7667		488,33	377,22
		0,002	6,4333		321,67	
		0,002	6,4333		321,67	
4	(A1)12	0,004	13,1000		655,00	655,00
		0,004	13,1000		655,00	
		0,004	13,1000		655,00	
5	(A1)13	0,003	9,7667		488,33	377,22
		0,002	6,4333		321,67	
		0,002	6,4333		321,67	
6	(A2)14	0,004	13,1000		655,00	543,89
		0,003	9,7667		488,33	
		0,003	9,7667		488,33	
7	(A2)15	0,003	9,7667		488,33	543,89
		0,004	13,1000		655,00	
		0,003	9,7667		488,33	
8	(A2)16	0,003	9,7667		488,33	488,33
		0,003	9,7667		488,33	
		0,003	9,7667		488,33	
9	(E1)17	0,002	6,4333		321,67	432,78
		0,003	9,7667		488,33	
		0,003	9,7667		488,33	
10	(E2)19	0,002	6,4333		321,67	377,22
		0,002	6,4333		321,67	
		0,003	9,7667		488,33	
11	Control Aerasi	0,004	13,1000		655,00	543,89
		0,002	6,4333		321,67	
		0,004	13,1000		655,00	
12	Control	0,002	6,433	321,667	321,667	
		0,002	6,433	321,667		
		0,002	6,433	321,667		

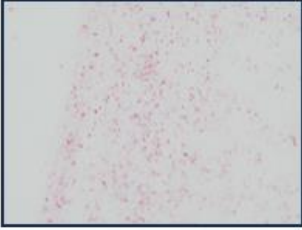

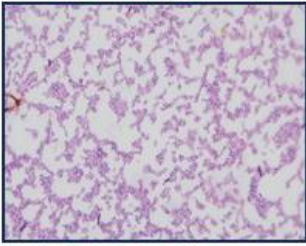
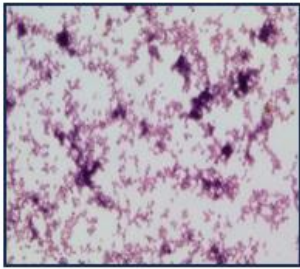
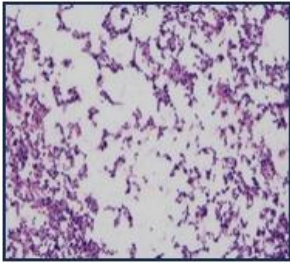
Lampiran 1. 9 Hasil Uji Warna Minggu 2

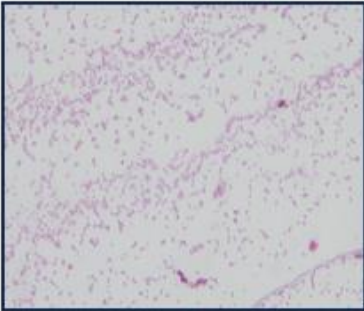
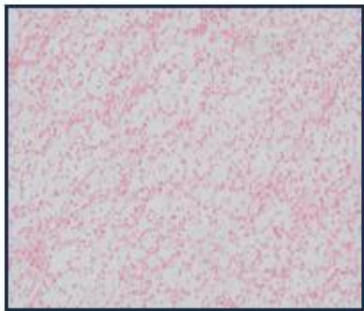
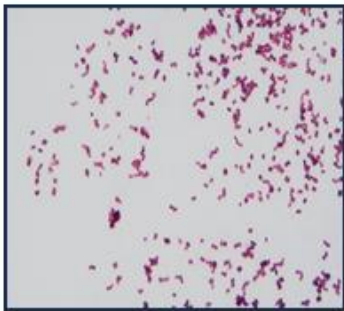
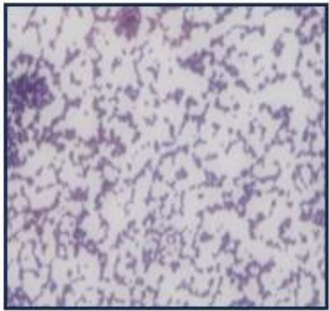
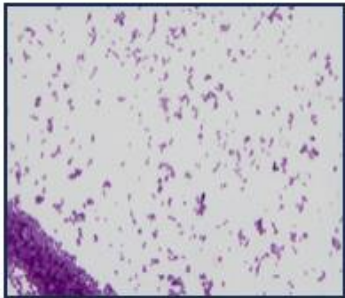
No	Sampel	Nilai ABS	Nilai x (c)	fp	Nilai Pt-Co	Rata-rata
1	(A1)4	0,009	29,767	25	744,167	744,167
		0,009	29,767		744,167	
		0,009	29,767		744,167	
2	(A1)8	0,012	39,767		994,167	1049,722
		0,012	39,767		994,167	
		0,014	46,433		1160,833	
3	(A1)9	0,009	29,767		744,167	688,611
		0,008	26,433		660,833	
		0,008	26,433		660,833	
4	(A1)12	0,008	26,433		660,833	605,278
		0,007	23,100		577,500	
		0,007	23,100		577,500	
5	(A1)13	0,006	19,767	494,167	466,389	
		0,006	19,767	494,167		
		0,005	16,433	410,833		
6	(A2)14	0,01	33,100	827,500	771,944	
		0,01	33,100	827,500		
		0,008	26,433	660,833		
7	(A2)15	0,007	23,100	577,500	633,056	
		0,008	26,433	660,833		
		0,008	26,433	660,833		
8	(A2)16	0,009	29,767	744,167	744,167	
		0,009	29,767	744,167		
		0,009	29,767	744,167		
9	(E1)17	0,003	9,767	244,167	271,944	
		0,004	13,100	327,500		
		0,003	9,767	244,167		
10	(E2)19	0,009	29,767	744,167	716,389	
		0,009	29,767	744,167		
		0,008	26,433	660,833		
11	Control Aerasi	0,014	46,433	1160,833	1049,722	
		0,012	39,767	994,167		
		0,012	39,767	994,167		
12	Control	0,015	49,767	1244,167	1133,056	
		0,013	43,100	1077,500		
		0,013	43,100	1077,500		

Lampiran 1. 10 Hasil Uji Warna Minggu 3

No	Sampel	Nilai ABS	Nilai x (c)	fp	Nilai Pt-Co	Rata-rata
1	(A1)4	0,01	33,100	25	827,500	827,500
		0,01	33,100		827,500	
		0,01	33,100		827,500	
2	(A1)8	0,01	33,100		827,500	744,167
		0,01	33,100		827,500	
		0,007	23,100		577,500	
3	(A1)9	0,011	36,433		910,833	660,833
		0,005	16,433		410,833	
		0,008	26,433		660,833	
4	(A1)12	0,007	23,100		577,500	577,500
		0,007	23,100		577,500	
		0,007	23,100		577,500	
5	(A1)13	0,014	46,433	1160,833	1188,611	
		0,014	46,433	1160,833		
		0,015	49,767	1244,167		
6	(A2)14	0,012	39,767	994,167	994,167	
		0,012	39,767	994,167		
		0,012	39,767	994,167		
7	(A2)15	0,01	33,100	827,500	855,278	
		0,01	33,100	827,500		
		0,011	36,433	910,833		
8	(A2)16	0,011	36,433	910,833	771,944	
		0,01	33,100	827,500		
		0,007	23,100	577,500		
9	(E1)17	0,01	33,100	827,500	799,722	
		0,01	33,100	827,500		
		0,009	29,767	744,167		
10	(E2)19	0,011	36,433	910,833	771,944	
		0,009	29,767	744,167		
		0,008	26,433	660,833		
11	Control Aerasi	0,014	46,433	1160,833	1160,833	
		0,014	46,433	1160,833		
		0,014	46,433	1160,833		
12	Control	0,009	29,767	744,167	799,722	
		0,01	33,100	827,500		
		0,01	33,100	827,500		

Lampiran 1. 11 Pewarnaan Gram Bakteri aerasi dan endapan aerasi

No	Kode Sampel	Perbesaran 100x	Sifat Gram	Bentuk Sel
1	(A1)4		Negatif	Monobasil
2	(A1)8		Negatif	Monobasil
3	(A1)9		Positif	Monobasil
4	(A1)12		Positif	Kokus
5	(A1)13		Positif	Kokus

6	(A2)14		Positif	Kokus
7	(A2)15		Negatif	Kokus
8	(A2)16		Negatif	Kokus
9	(E1)17		Positif	Kokus
10	(E2)19		Positif	Basil

Lampiran 1. 12 Reaktor aerasi pengolahan air lindi oleh bakteri



Lampiran 1. 13 Pengujian Fisik pada reaktor



Lampiran 1. 14 Proses Kultur bakteri



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RIWAYAT HIDUP

Laporan Tugas Akhir ini ditulis oleh Fina Muyassarah kelahiran 30 November 2001 di Pagaram, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Ayah penulis bernama Muhammad Ali dan Ibu penulis Bernama Desi Marlina. Riwayat pendidikan yaitu TK Al-azhar, Muara Enim pada tahun 2006, sekolah dasar di MIN 1 Muara Enim pada tahun 2007-2013, kemudian sekolah menengah pertama di MTsN 1 Muara Enim pada tahun 2013-2016, sekolah menengah atas di SMA Negeri 2 Muara Enim 2016-2019, dan meneruskan perkuliahan di Universitas Islam Indonesia pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan pada tahun 2019-2023.