

TA/TL/2019/[nomor admin]*

TUGAS AKHIR

**EFEKTIFITAS KOMBINASI REAKTOR AERASI DAN
SPESIFIK BAKTERI UNTUK MENDEGRADASI
POLUTAN AIR LIMBAH LINDI TPA PIYUNGAN**

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



**DIANA IRAWATI WULANDARI
19513037**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

TUGAS AKHIR

EFEKTIFITAS KOMBINASI REAKTOR AERASI DAN SPESIFIK BAKTERI UNTUK MENDEGRADASI POLUTAN AIR LIMBAH LINDI TPA PIYUNGAN

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



DIANA IRAWATI WULANDARI
19513037
Disetujui,

Pembimbing 1

Dr. Joni Aldila Fajri, S.T., M.Eng
165131306
Tanggal: 16 Agustus 2023

Pembimbing 2

Dr. Eng. Ayaluddin Nuruliyanto, S.T., M. Eng
095130403
Tanggal: 16 Agustus 2023

Mengetahui,*
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc., Ph.D
NIK. 045130401
Tanggal

HALAMAN PENGESAHAN

**EFEKTIVITAS KOMBINASI REAKTOR AERASI DAN
SPESIFIK BAKTERI UNTUK MENDEGRADASI POLUTAN
AIR LIMBAH LINDI TPA PIYUNGAN**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari :
Tanggal :**

Disusun Oleh :

**Diana Irawati Wulandari
19513037**

Tim Penguji :

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

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

Annisa Nur Latifah, S.Si., M.Biotech., Ph.D ()

*Halaman ini dibuat apabila sudah selesai pendadaran

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, tanggal submit TA

Yang membuat pernyataan,

Materai dan
tandatangan

Diana Irawati Wulandari

NIM : 19513037

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 Efektivitas kombinasi reaktor aerasi dan spesifik bakteri untuk mendegradasi polutan air limbah lindi TPA Piyungan. Adapun penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program Pendidikan Stara Satu (S1) pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

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

1. Allah SWT yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, dan diberikan Kesehatan sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan lancar
2. Kedua orangtua penulis Bapak Bambang Priyanto dan Ibu Lilik Sumarlina serta saudara kandung saya Ardini Dewi Nuraini yang selalu memberikan support dan doa yang tiada henti-henti nya.
3. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. Selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan waktu, arahan, saran, bimbingan sehingga tugas akhir dapat berjalan dengan lancar.
4. Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. Selaku dosen pembimbing 2 yang telah sabar pula memberikan arahan, saran, serta bimbingan sehingga tugas akhir selesai
5. Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si, M.Biotech, M.Agr, Ph.D. Selaku Dosen Penguji yang telah membantu memberikan saran dan masukan pada Tugas Akhir ini.

6. Semua dosen Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah banyak memberikan pembelajaran ilmu pengetahuan yang bermanfaat kepada penulis.
7. Teman – teman sekelompok tugas akhir Fetria Hikmawati, Fina Muyassarah, Tito Naufal yang saling membantu satu sama lain
8. Teman teman penulis Galuh, Sheila, Anin, Ara, Dio, Dhila yang selalu memberikan dukungan dan semangat sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini
9. Rekan Teknik Lingkungan Angkatan 2019 yang selalu memberikan dukungan
10. Semua pihak lain baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Dengan ini penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat digunakan sebaik mungkin dan bermanfaat bagi semua pihak. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Yogyakarta,tanggal submit TA

Diana Irawati Wulandari

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

DIANA IRAWATI WULANDARI. Efektivitas kombinasi reaktor aerasi dan spesifik bakteri untuk mendegradasi polutan air limbah lindi TPA Piyungan. Dibimbing oleh Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng dan Dr. Eng. AWALUDDIN NURMIYANTO, S.T., M.Eng

Populasi sampah di Daerah Istimewa Yogyakarta meningkat pesat, hal tersebut membuat lindi yang di hasilkan juga semakin banyak dan kondisi pengolahan lindi di TPA Piyungan juga belum bekerja secara optimal. Dampak permasalahan bagi lingkungan sekitar karena air lindi yang di buang dari TPA Piyungan langsung ke sungai opak mengakibatkan sawah-sawah sekitar sungai tercemar air lindi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan bakteri spesifik dari aerasi untuk mendegradasi kandungan COD, Amonia, dan Warna pada lindi. Metode yang digunakan yaitu dengan menggunakan 3 reaktor batch aerasi yang berbeda, yaitu reaktor control aerasi, reaktor konsorium bakteri, dan reaktor control aerasi. Pengujian sampel air lindi dilakukan selama 19 hari. Hasil dari pengujian limbah lindi menggunakan proses batch aerasi menunjukkan efisiensi removal COD 91%, amonia sebesar 100%, dan warna sebesar 61%, serta hasil pengujian parameter DO pada reaktor baketri, sludge, dan reaktor control aerasi menunjukkan rata-rata nilai 4,3 dan pada reaktor control tanpa aerasi juga menunjukkan nilai 3,13 di akhir pengujian. Penelitian ini meunjukkan bahwa metode pengolahan air lindi menggunakan bakteri spesifik dari aerasi dan reaktor batch aerasi dapat mengurangi beban pencemar yang terdapat dalam limbah air lindi.

Kata kunci: Bakteri, Reaktor Batch Aerasi, Air Lindi

ABSTRACT

DIANA IRAWATI WULANDARI. Effectiveness of a combination of aeration reactors and specific bacteria to degrade Piyungan landfill leachate wastewater pollutants supervised by JONI ALDILLA FAJRI and AWALLUDIN NURMIYANTO.

The waste population in the Special Region of Yogyakarta is increasing rapidly, this means that more and more leachate is being produced and the leachate processing conditions at the Piyungan landfill are also not working optimally. The impact of the problem on the surrounding environment is because the leachate that is discharged from the Piyungan landfill directly into the Opak river causes the rice fields around the river to be polluted with leachate. This research aims to analyze the ability of specific bacteria from aeration to degrade COD, ammonia and color content in leachate. The method used is by using 3 different aeration batch reactors, namely the aeration control reactor, the bacterial consortium reactor, and the aeration control reactor. Testing of leachate samples was carried out for 19 days. The results of testing leachate waste using the aeration batch process showed a COD removal efficiency of 91%, ammonia of 100%, and color of 61%, as well as the results of DO parameter testing in the baketric, sludge and aeration control reactors showed average values 4.3 and the control reactor without aeration also showed a value of 3.13 at the end of the test. This research shows that the leachate treatment method using specific bacteria from aeration and aeration batch reactors can reduce the pollutant load contained in leachate waste.

Keywords: Bacteria, , Aeration Batch Reactor, Leachate Wastewater

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Asumsi Penelitian.....	3
1.6. Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Gambaran Kondisi TPA Piyungan.....	5
2.2. Karakteristik TPA Piyungan.....	6
2.3. Air Lindi.....	6
2.4. Bakteri Aerasi.....	7
2.5. Lumpur Aktif.....	7
2.6. Reaktor Batch Aerasi.....	8
2.7. Parameter Uji.....	9
2.8. Penelitian Terdahulu.....	10
BAB III METODE PENELITIAN.....	13
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	13
3.2. Alat dan Bahan.....	14
3.3. Alat.....	14

3.4.	Bahan.....	14
3.5.	Alur Penelitian	14
3.6.	Kultur Bakteri Aerasi	15
3.7.	Persiapan Air Lindi	17
3.8.	Persiapan Reaktor.....	17
3.9.	Running Reaktor dan Sampling	17
3.10.	Parameter Uji	18
3.10.1.	Uji Fisik (pH, DO, Suhu,TDS,Elektrokonduktiviti)	19
3.10.2.	Uji COD	20
3.10.3.	Uji Amonia.....	20
3.10.4.	Uji Warna	22
3.1.	Perhitungan Jumlah Bakteri	23
3.2.	Metode Analisis Data dan Evaluasi	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		26
4.1.	Morfologi Bakteri.....	26
4.2.	Perhitungan Jumlah Bakteri	27
4.3.	Removal COD pada Air Lindi	28
4.4.	Removal Amonia pada Air Lindi.....	32
4.5.	Removal Warna pada Air Lindi	35
4.6	Hasil Parameter Fisika	37
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....		42
4.5	Simpulan	42
4.6	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA		xx
LAMPIRAN.....		xxv
RIWAYAT HIDUP.....		xxxiii

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	10
Tabel 3. 1. Komposisi Reaktor	18
Tabel 3. 2. Parameter Kimia.....	22
Tabel 3. 3. Parameter Fisika	23
Tabel 4. 1. Morfologi bakteri berdasarkan penelitian sebelumnya	26
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Parameter Fisika Hari Ke 0 - 19	37

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Lokasi IPAL TPA Piyungan.....	13
Gambar 3. 2. Alat untuk penelitian.....	14
Gambar 3. 3. Diagram Alir Alur Penelitian.....	15
Gambar 3. 4 Diagram Alir Kultur Bakteri Aerasi	16
Gambar 3. 5. Kondisi Reaktor saat Running	18
Gambar 3. 6. Diagram Alir Pengujian COD	20
Gambar 3. 7. Diagram Alir Pengujian Amonia	21
Gambar 3. 8. Diagram Alir Pengujian Warna	22
Gambar 3. 9. Diagram Alir Isolasi Bakteri.....	24
Gambar 4. 1 Grafik Konsentrasi Total Bakteri Hari ke - 18	28
Gambar 4. 2 Grafik Pengujian COD selama 19 hari. Bar merupakan Rata-rata data Standar Error didapatkan pengujian dari Replikasi	29
Gambar 4. 3 Grafik Efisiensi Removal COD selama 19 Hari. Bar merupakan Rata-rata data Standar Error didapatkan pengujian dari Replikasi.....	31
Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Amonia selama 19 hari. Bar merupakan Rata-rata data Standar Error didapatkan pengujian dari Replikasi	32
Gambar 4. 5 Grafik Efisiensi Removal Amonia selama 19 Hari. Bar merupakan Rata-rata data Standar Error didapatkan pengujian dari Replikasi.....	34
Gambar 4. 6 Grafik Pengujian Warna selama 19 hari. Bar merupakan Rata-rata data Standar Error didapatkan pengujian dari Replikasi	35
Gambar 4. 7 Grafik Efisiensi Removal Warna selama 19 Hari. Bar merupakan Rata-rata data Standar Error didapatkan pengujian dari Replikasi.....	36
Gambar 4. 8 Grafik Pengujian DO	40

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengukuran Sampel Awal	xxv
Lampiran 2 Hasil Pengujian COD Minggu 1	xxv
Lampiran 3 Hasil Pengujian COD Minggu 2	xxv
Lampiran 4 Hasil Pengujian COD Minggu 3	xxvi
Lampiran 5 Hasil Pengujian Amonia Minggu 1	xxvi
Lampiran 6 Hasil Pengujian Amonia Minggu 2	xxvi
Lampiran 7 Hasil Pengujian Amonia Minggu 3	xxvi
Lampiran 8 Hasil Pengujian Warna Minggu 1	xxvii
Lampiran 9 Hasil Pengujian Warna Minggu 2	xxvii
Lampiran 10 Hasil Pengujian Warna Minggu 3	xxvii
Lampiran 11 Running Reaktor	xxviii
Lampiran 12 Proses Penyaringan Air Lindi	xxix
Lampiran 13 Larutan COD	xxx
Lampiran 14 Pengujian menggunakan spektrofotometri	xxx
Lampiran 15 Proses penimbangan bahan	xxxi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Populasi sampah di Daerah Istimewa Yogyakarta meningkat pesat, dan perubahan gaya hidup telah mengakibatkan perubahan komposisi dan peningkatan pada volume limbah. Berdasarkan data dari SIPSN, sampah yang masuk ke TPA Piyungan sebesar 105,985.42ton/tahun dan yang masuk ke landfill sebesar 100,578.67 ton/tahun. TPA Piyungan menggunakan metode sanitary landfill, oleh karena itu menghasilkan lindi yang cukup banyak dan dapat menimbulkan risiko pemaparan polutan beracun terhadap air. TPA Piyungan sudah memiliki fasilitas pengolahan lindi yang bertujuan untuk mengolah air lindi yang dihasilkan dari sampah agar dapat dibuang ke badan air dengan lebih aman dan sesuai peraturan pembuangan air lindi yang berlaku. Namun, fasilitas tersebut belum beroperasi secara optimal karena masih banyak sampah yang masuk ke dalam instalasi dan gas metana serta amonia yang tinggi di udara yang sehingga tingkat toksisitasnya tinggi (Ariyani et al., 2018).

Kadar kualitas air lindi yang dibuang di outlet TPA Piyungan mengandung COD, Amonia, dan Warna yang jauh dari baku mutu. Hal tersebut dapat menyebabkan permasalahan bagi lingkungan sekitar karena air lindi yang di buang dari TPA Piyungan langsung ke sungai Opak yang berakibatkan sawah-sawah sekitar sungai akan menyerap air lindi yang mengandung COD, Amonia, dan Warna. Dan dampak permasalahan lain bagi lingkungan ialah air lindi TPA Piyungan juga berpotensi mencemari air tanah disekitar nya. Dari 12 sumur gali yang terdapat di TPA Piyungan, ternyata 58,3% sudah tercemar air lindi, sedangkan 41,7% tercemar pada tingkat yang masih rendah (Susanto et al., 2004)

Salah satu cara yang digunakan dalam mengolah air lindi di TPA Piyungan yaitu dengan pendekatan bioteknologi menggunakan metode bioremediasi, melalui proses degradasi polutan secara aerasi dengan memanfaatkan aktivitas

mikroorganisme. Fungsi utama dari aerasi adalah melarutkan oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air dan melepaskan kandungan gas-gas yang terlarut dalam air. Proses aerasi dapat dipergunakan untuk menghilangkan kandungan gas terlarut, oksidasi besi, mangan dalam air, dan mereduksi amonia dalam air melalui proses nitrifikasi (Yuniarti et al., 2019). Proses aerasi sangat penting digunakan pada pengolahan limbah yang proses pengolahan biologinya memanfaatkan bakteri aerasi. Proses pendegradasian secara aerasi juga telah dilakukan penelitian oleh (Galuga & Bogor, n.d.) bahwa pemberian oksigen berkecepatan tinggi dapat mendegradasikan kadar COD sebesar 74,53%, dan Amonia sebesar 66,60%.

Bakteri aerasi adalah kelompok bakteri yang memerlukan oksigen untuk proses metabolismenya. Dengan tersedianya oksigen pada proses biologi, maka bakteri tersebut dapat bekerja dengan optimal. Hal tersebut akan bermanfaat dalam penurunan konsentrasi zat organik di dalam air lindi. Sesuai penelitian yang telah dilakukan oleh (Rabbani et al., 2022) bakteri indigenous hasil isolasi telah berhasil berpotensi mendegradasikan zat organik dalam limbah TPA Piyungan dengan menguraikan senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya.

Selanjutnya, dengan menerapkan pengolahan dengan cara aerasi dan memanfaatkan mikroorganisme dapat mengurangi kadar pencemar pada badan-badan air yang disebabkan oleh air lindi dan penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan polutan sesuai baku mutu.

1.2. Perumusan Masalah

Dari Latar belakang diatas di dapatkan rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian lebih lanjut sebagai berikut :

1. Bagaimana Kadar COD, Amonia, dan Warna pada sampel air lindi TPA Piyungan sebelum dan sesudah diurai dengan efektivitas kombinasi bakteri
2. Bagaimana peforma reaktor aerasi mampu pengolah air lindi TPA Piyungan

1.3. Tujuan Penelitian

Dengan rumusan masalah yang ada, tujuan yang ingin di capai dalam melakukan penelitian ini adalah untuk :

1. Mengkaji kemampuan Reaktor Batch Aerasi baik dengan penambahan bakteri atau tanpa menggunakan bantuan bakteri untuk mendegradasi parameter COD, Amonia, dan Warna pada air lindi TPA Piyungan

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai referensi pembelajaran yang dapat memberikan informasi dan pengetahuan mengenai pengolahan reaktor batch dengan aerasi
2. Sebagai referensi untuk menentukan alternatif pengolahan limbah air lindi TPA Piyungan yang sederhana dan ekonomis sehingga pencemaran lingkungan dapat dikendalikan

1.5. Asumsi Penelitian

Pada penelitian ini dapat di buat asumsi dasar, Tinggi nya kadar organik dan anorganik pada TPA Piyungan dapat menimbulkan permasalahan lingkungan. Dengan menggunakan identifikasi bakteri dan menerapkan pengolahan aerobik dapat mengurangi kandungan organik dan anorkanik

1.6. Ruang Lingkup

Parameter yang akan diukur pada air lindi TPA Piyungan adalah :

1. Parameter yang di uji adalah bakteri aerasi TPA Piyungan dan pengambilan sampel air lindi dilakukan pada unit pengolahan air lindi TPA Piyungan
2. Metode yang di gunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan reaktor batch aerasi

3. Untuk mengetahui kemampuan bakteri aerasi dalam mengolah air lindi, maka dilakukan pengujian bakteri terhadap kandungan COD, Amonia dan Warna, serta pengecekan parameter fisika seperti suhu, pH, DO, ORP, TDS.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gambaran Kondisi TPA Piyungan

TPA Piyungan adalah TPA yang melayani sampah perkotaan di wilayah Kabupaten Bantul, Kabupaten Sleman, dan Kota No. Jarak daerah pelayanan terjauh sekitar 35 km dan rata – rata per hari sampah yang dibuang ke TPA Piyungan ada 450 ton sampah. Jenis sampah dominan adalah sampah organik kurang lebih 72% dari total sampah yang ada (Ariyani et al., 2018). TPA Piyungan menggunakan metode *Controlled Landfill*, yaitu metode peralihan antara metode *Open Dumping* dengan metode *Sanitary Landfill*. Di setiap TPA pasti selalu terjadi proses dekomposisi sampah organik yang menghasilkan gas- gas dan cairan yang biasa disebut Air Lindi (*Leachate*). Air Lindi mengandung bahan-bahan kimia, organik maupun anorganik dan terdapat bakteri bersifat patogen ataupun tidak patogen. Hasil yang dihasilkan dari pengolahan lindi di TPA Piyungan masih mempunyai potensi bahaya seperti pencemaran tanah, air permukaan, dan air tanah yang berdampak pada makhluk hidup di dalam ekosistem, apabila tidak di olah terlebih dahulu dan mencemari sungai opak yang merupakan sungai yang melintasi wilayah Daerah Istimewa No. (DIY) (Kartikasari et al., 2020). Lindi yang telah ditampung di kolam penampungan selanjutnya akan di alirkan ke sungai setelah melalui beberapa proses yaitu : Proses sedimentasi, aerasi dan desinfektan. Pada proses sedimentasi timbul foam atau busa pada permukaan. TPA Piyungan telah melaksanakan proses aerasi menggunakan 2 bak, yang selanjut nya akan di buang bebas menuju sungai opak.

Salah satu cara yang digunakan dalam mengolah air lindi di TPA Piyungan yaitu dengan Bioremediasi, melalui proses degradasi polutan secara aerobik dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme. Pengolahan air lindi yang cocok untuk menghilangkan gas-gas berbau dan mendegradasi kandungan berbahanya dengan cara mengalirkan udara ke dalam lindi dengan kecepatan tinggi. Cara tersebut

memiliki kelebihan yang di antara nya dapat mengoksidasi langsung bahan-bahan penyebab bau menjadi bahan-bahan yang relative aman bagi lingkungan, dapat meningkatkan aktifitas mikroorganisme aerobik dan fakultatif dalam mendegradasi bahan organik penyebab bau, dapat mengendapkan logam-logam terlarut, dan dapat menurunkan jumlah bakteri patogen yang di indikasikan penurunan bakteri e-coli.

2.2. Karakteristik TPA Piyungan

Kualitas lindi pada TPA Piyungan tergolong stabil Karakteristik yang dimiliki diantara lain berwarna coklat gelap dengan pH diatas 7 yaitu berkisar 8 – 8,2 dan memiliki konsentrasi NH₃-N dan COD yang tinggi (Kartikasari et al., 2020). Air lindi TPA Piyungan masih berada di atas baku mutu pengolahan lindi yang di tetapkan, hal tersebut di buktikan dengan nilai rasio BOD₅ / COD yang No. nilai rasio rendah dari 0,012 – 0,068 akibat kandungan asam humic dan flufic yang tidak mudah di uraikan. TPA Piyungan tergolong landfill usia lebih dari 10 tahun (stabil) dan merupakan kategori *methanogenic leachate* dengan rasio BOD₅/COD < 0,2 dengan kondisi sangat toksik dan pengolahan yang efektif tidak cukup menggunakan pengolahan biologi (Kartikasari et al., 2020).

2.3. Air Lindi

Air lindi merupakan cairan yang berasal dari sampah dan mengandung unsur hara terlarut dan tersuspensi. Sampah yang tertimbun pada TPA mengandung zat organik, jika hujan turun akan menghasilkan air lindi dengan kandungan mineral dan zat organik yang tinggi, bila air lindi di biarkan mengalir ke permukaan tanah dapat menimbulkan efek negative bagi lingkungan sekitar dan mahluk hidup. Karakteristik air lindi bervariasi tergantung dari proses-proses yang terjadi pada landfill, factor-faktor yang mempengaruhi proses pada landfill antara lain : jenis sampah, lokasi landfill, hidrogeologi, dan sistem pengoperasian (Ali, 2011). Air lindi yang berasal dari timbunan sampah baru biasanya ditandai oleh kandungan asam lemak volatile dan rasio BOD, COD yang tinggi, sementara air lindi dari timbunan sampah lama atau tua akan mengandung BOD, COD lebih rendah. Hal

tersebut disebabkan karenan timbunan sampah yang masih baru, biodegradasi umum nya berlangsung cepat ditandai dengan kenaikan asam dan penurunan pH air lindi, yang mengakibatkan pelarutan bahan-bahan pada sampah oleh air menjadi tinggi.

2.4. Bakteri Aerasi

Bakteri yang terdapat pada kolam aerasi merupakan mikroorganisme yang mampu menurunkan limbah karena kemampuan mereka dalam menguraikan bahan organik dan mengolah air limbah. Alasan mengapa bakteri aerasi dapat menurunkan lindi ialah Bakteri aerasi membutuhkan oksigen untuk melakukan proses oksidasi dan penguraian bahan organik dalam air lindi. Dengan menambahkan oksigen melalui sistem aerasi, jumlah oksigen terlarut dalam air lindi meningkat, hal tersebut memungkinkan bakteri aerasi untuk bekerja secara efektif dalam menguraikan lindi. Cara bakteri aerasi bisa mendegradasi kandungan organik yaitu dengan mengeluarkan enzyme yang dapat melarutkan bahan organik susah larut. Setelah larut, bahan organik akan diserap masuk ke dalam tubuh bakteri. Menurut Khamid (2012) bahwa di dalam kandungan lindi diidentifikasi beberapa genus bakteri aerob seperti *streptococcus*, *escherchia*, *pseudomonas*, dan *proteus*.

2.5. Lumpur Aktif

Lumpur aktif ialah massa biologi kompleks yang dihasilkan bila limbah diberi pengolahan secara aerobik. Kandungan mikroorganisme limbah cair domestic seperti virus, cacing parasite, protozoa parasite, bakteri dan lainnya. Lumpur aktif merupakan campuran antara lumpur dan mikroorganisme yang memiliki kemampuan mengolah limbah. Keberadaan bakteri dan mikroorganisme di dalam lumpur aktif sangat beragam, sangat beragam nya jenis bakteri dan mikroorganisme disebabkan oleh perkembangan secara alami jenis mikroorganisme dari air limbah. Bakteri dan mikroorganisme tersebut akan teraklimatisasi terhadap cairan limbah dan memudahkan proses penghilangan bahan cemaran (Megasari et al., 2012). Karena dengan penambahan lumpur aktif ke dalam lindi membuat Mikroorganisme

pada lumpur aktif memanfaatkan polutan organik terlarut dan partikel organik sebagai sumber makanan. Polutan organik terlarut dapat masuk ke dalam sel dengan cara absorpsi. Selanjutnya sel menghasilkan enzim agar dapat melarutkan partikel. Dengan cara ini, bakteri dapat menghilangkan polutan organik baik yang terlarut maupun berupa partikel yang terdapat dalam limbah (Ningtyas, 2015)

2.6. Reaktor Batch Aerasi

Reaktor aerasi ini merupakan reaktor yang fungsinya mengoksidasi air buangan yang mana kebutuhan oksigennya dipenuhi dengan proses aerasi. Pada prinsipnya, fungsi pengolahan ini adalah mengkonversi air limbah menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana dengan cara oksidasi. (Alfiandy, 2003). Proses pengolahan aerobik membantu menghilangkan nitrogen amonia melalui oksidasi menjadi nitrat (Anqi et al., 2020). Pada sistem aerobik membutuhkan supply oksigen atmosfer atau dari sumber oksigen murni. Proses katabolisme senyawa organik yang berlangsung memanfaatkan oksigen bebas yang terdapat pada lingkungan sebagai penerima elektron terakhir. Proses degradasi aerobik tergantung pada bakteri spesifik yang terdapat pada media yaitu bakteri yang memerlukan udara baik untuk pertumbuhan maupun respirasi (Direstiyani, 2016). Reaksi biokimia dalam reaktor aerobik akan berlangsung lebih cepat jika dibandingkan dengan reaktor anaerobik, dan penggunaan reaktor aerobik juga memiliki keuntungan yang lain seperti konsumsi bahan kimia yang rendah, produksi lumpur yang rendah, peralatan yang lebih sedikit diperlukan dan kesederhanaan operasional (Chan et al., 2009). Pengolahan menggunakan reaktor 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. Parameter Uji

1. COD

Chemical Oxygen Demand adalah jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik secara kimia. Kadar COD dalam air akan berkurang seiring dengan berkurangnya konsentrasi bahan organik yang terdapat dalam air limbah (Rahmawati et al., 2013). Kadar COD pada TPA yang berusia muda berkisar diatas 10.000mg/L dan TPA usia 10 tahun kadar COD berkisar 3.000mg/L. Kadar COD juga di pengaruhi oleh tingkat ketersediaan oksigen. Dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen) kemungkinan akan lebih tinggi jika dibanding dengan kondisi aerob (dialiri udara). (Purwanta & Susanto, 2017).

2. Amonia

Amonia adalah gas yang tidak berwarna dengan bau yang sangat tajam, ammonia dalam sampah dihasilkan dari penguraian asam amino dalam protein makhluk hidup baik dari sampah tumbuhan maupun hewan oleh bakteri yang memanfaatkan sampah organik atau sisa makhluk hidup diantaranya bakteri nitrit (*Nitrosococcus*), bakteri nitrat (*Nitrobacter*) dan jenis *Clostridium* (Djo et al., 2017). Pengurangan amonia dalam lindi atau air limbah TPA biasanya dilakukan dengan menggunakan proses biologis. Amonia dapat menjadi racun bagi manusia ketika jumlah yang masuk ke dalam tubuh melebihi jumlah yang dapat dikeluarkan oleh tubuh. Bagi manusia, risiko terbesar adalah dari menghirup uap amonia, yang menyebabkan berbagai efek samping termasuk kulit, mata, dan saluran pernapasan yang terganggu. Pada konsentrasi yang sangat tinggi, menghirup uap amonia dapat berakibat fatal. Jika terlarut di perairan akan meningkatkan konsentrasi amonia yang menyebabkan keracunan bagi hampir semua organisme perairan (Murti, et al 2014)

3. Zat Warna

Komponen utama yang dapat menyebabkan rendahnya kualitas air lindi yaitu dari sampah tekstil yang berada dalam berbagai jenis senyawa kimia dengan konsentrasi yang bervariasi. Bahan pewarna tekstil memiliki dampak beracun dan karsinogenik dalam lingkungan sekitar (Haryono et al., 2018). Hasil dari degradasi zat warna pada sampah tekstil bercampur dengan unsur organik yang terdapat pada sampah organik sehingga mikroorganisme aerobik mendekomposisi menjadi unsur yang lebih sederhana berupa metana (CH₄) menjadi karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O) berupa air lindi yang mengandung senyawa organik, logam berat dan senyawa anorganik lainnya (Sutrisno, 2014). Penampakan visual air lindi pada TPA Nampak hitam pekat, hal tersebut mengindikasikan adanya kandungan bahan organik alami yang sangat tinggi (Zularisam et al., 2006)

2.8. Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan penelitian terdahulu mengenai efektivitas kombinasi bakteri dalam mendegradasi kadar COD, Amonia, dan Warna. Dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Topik	Kemampuan Removal	Referensi
Bakteri Indigenous	Bakteri indigenous berpotensi mendegradasikan zat organik dalam limbah air TPST piyungan dengan menguraikan senyawa-senyawa organik kompleks menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya	(Rabbani et al., 2022)
Aerasi	Efektivitas dari perlakuan pemberian udara pada laju 70 liter/menit dalam	(Galuga & Bogor, n.d.)

	menurunkan masing-masing polutan adalah NH ₃ = 66,60%, BOD ₅ = 74,63%, COD = 74,53	
Aerasi	Proses aerasi berhasil dikarenakan mampu menurunkan nilai COD dengan kadar COD 1475.14 mg/L menjadi 614.64 mg/L	(Yuniarti et al., 2019)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan pada TPA Piyungan dapat dilihat pada gambar 3.1. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2023 hingga Agustus 2023. Untuk pengujian air limbah COD, Amonia, dan Warna dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Berikut gambar 3.1 merupakan kondisi IPAL TPA Piyungan.



Gambar 3. 1. Lokasi IPAL TPA Piyungan

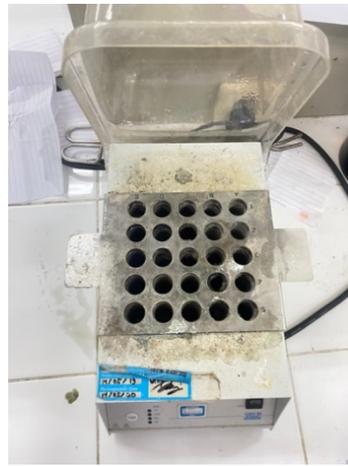
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut



(a) Spektrofotometri



(b) Termoreaktor

Gambar 3. 2. Alat untuk penelitian

Sumber : *Dokumentasi Pribadi, 2023*

3.3. Alat

Alat yang digunakan untuk sistem batch aerasi adalah Toples Kaca, silicon tube, batu aerator, dan instrument analisis meliputi oven, tabung reaksi, labu ukur, pipet tetes, rak tabung reaksi, magnetic stirrer, neraca analitik, spektrofotometer dengan Panjang gelombang 600nm.

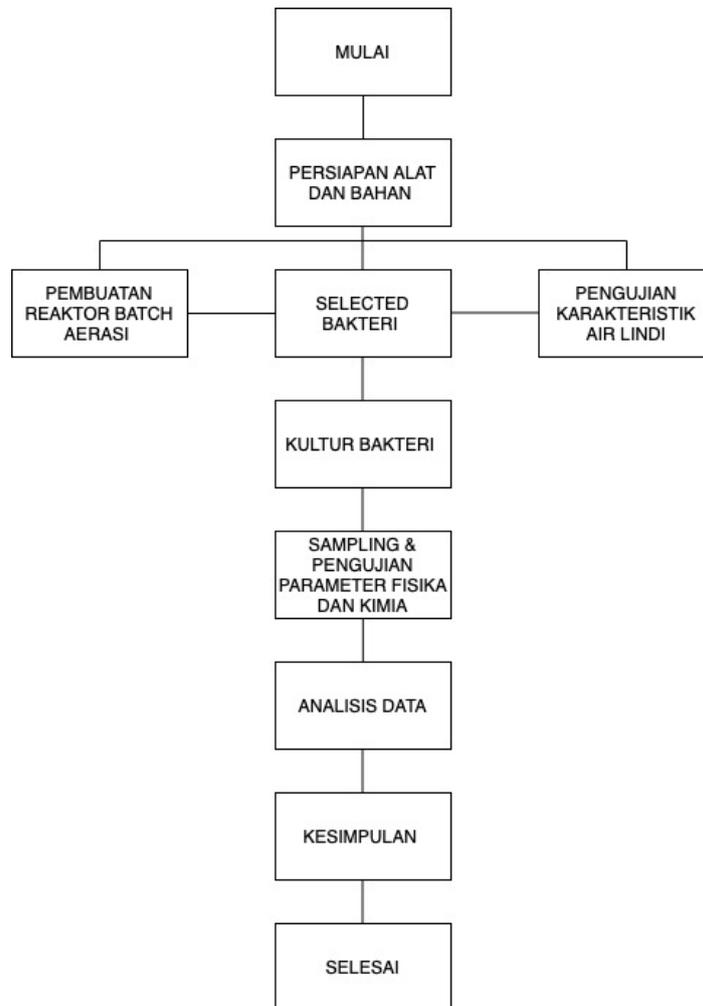
3.4. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air lindi TPA Piyungan, Lumpur aktif IPAL Sewon, bahan lain berupa larutan digestion solution, larutan pereaksi asam sulfat, aquades, Larutan Pengoksidasi, larutan nitropusid, larutan phenol

3.5. Alur Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi 6 kegiatan utama, yakni persiapan penelitian (mencakup persiapan alat dan bahan serta persiapan sampel), pembuatan reaktor

batch aerasi, selected bakteri, pengujian karakteristik limbah awal, pengelolaan dan analisis data, serta penyusunan laporan. Tahapan pada penelitian ini sebagai berikut :

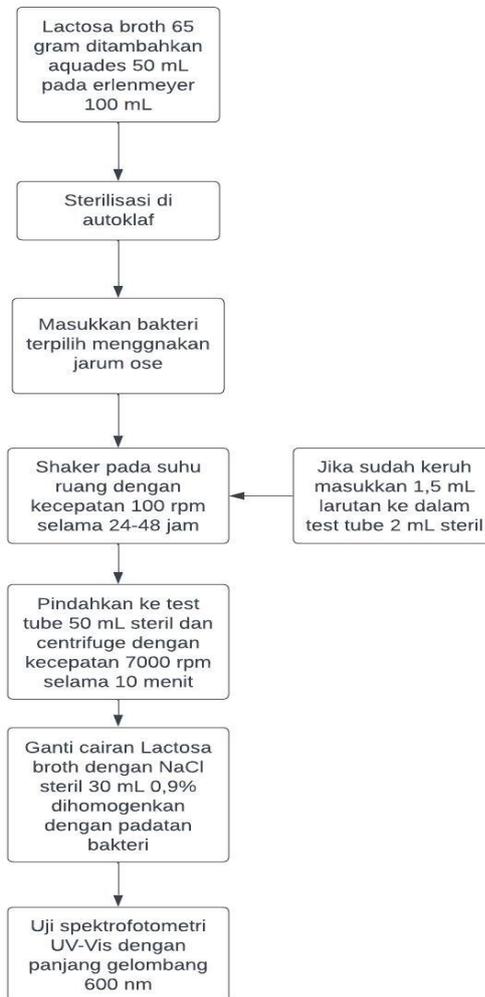


Gambar 3. 3. Diagram Alir Alur Penelitian

3.6. Kultur Bakteri Aerasi

Kultur bakteri yang teridentifikasi dan memiliki potensi mengolah limbah air lindi pada penelitian ini di dapatkan dari penelitian sebelum nya yang di lakukan oleh (Fina,2023). Bakteri yang telah terpilih dan berpotensi dapat mendegradasi limbah TPA Piyungan akan dilakukan kultur bakteri. Bakteri akan di perbanyak menggunakan media Lactosa Broth, bakteri yang telah terpilih kemudian dimasukan kedalam Erlenmeyer berisi Lactosa Broth lalu di shaker selama 24 jam

dengan kecepatan 100g. Setelah media keruh akan di sentrifugasi dengan kecepatan 7000g selama 10 menit. Lalu, diresuspensi dengan NaCl 0,9% dan ukur OD



(Optical Density) dengan Panjang gelombang 600nm menggunakan spektrofotometri. Berikut merupakan tahapan kultur bakteri :

Gambar 3. 4 Diagram Alir Kultur Bakteri Aerasi

3.7. Persiapan Air Lindi

Pengambilan sampel air lindi diambil dari TPA Piyungan. Lalu, air lindi di autoclave selama 45 menit guna bakteri dalam air lindi mati sehingga Ketika dimulai untuk uji kemampuan bakteri, hanya bakteri yang telah terpilih yang berada dalam reaktor, dan setelah itu air lindi di encerkan sebesar 25%. Pengenceran disini dilakukan untuk mencegah bakteri yang dimasukkan ke reaktor mati karena konsentrasi zat pencemar yang terlalu tinggi pada air lindi. Air lindi yang akan di uji di setiap minggu nya akan di filter menggunakan alat filtrasi dengan ukuran kertas yang memiliki pori-pori 0,45 nm.

3.8. Persiapan Reaktor

Reaktor yang akan digunakan pada penelitian ini adalah reaktor batch yang terbuat dari toples kaca dengan berdiameter 9,5cm tinggi 12,5cm. Sementara itu untuk jumlah air lindi yang dimasukkan kedalam reaktor yaitu 350 mL dan jumlah bakteri yang telah di kultur dan dimasukkan kedalam reaktor sebanyak 20 mL metode tersebut didasarkan pada penelitian dari (Shehzadi et al., 2016). Reaktor dilengkapi dengan aerasi yang menggunakan aerator dengan selang yang di ujung nya diberi batu diffuser (Air stone). Reaktor akan di operasikan selama 3 minggu dengan waktu sampling pada hari ke-0, 5, 11, dan 19. Reaktor yang di operasikan sebanyak 2 reaktor, yaitu reaktor yang berisikan gabungan dari beberapa bakteri yang telah terpilih dari kolam aerasi di TPA Piyungan yang telah dilakukan oleh penelitian sebelum nya (Fina,2023), dan reaktor yang berisikan 30 mL sludge IPAL Sewon metode tersebut didasarkan pada penelitian dari (Yahmed et al., 2009), Selanjutnya terdapat 1 reaktor control aerasi, dan 1 reaktor control tanpa dialiri udara.

3.9. Running Reaktor dan Sampling

Running reaktor air limbah dilakukan selama 3 minggu dari 22 Juli 2023- 10 Agustus 2023. Pada saat running reaktor, reaktor di letakan di rumah kaca untuk menjaga kondisi lingkungan sekitar dari bau akibat air lindi. Setiap sampling

volume air limbah yang di ambil pada masing-masing reaktor yaitu sebanyak 10mL Sampel diambil dengan frekuensi waktu 19 hari yaitu hari ke 0, 5, 11, dan 18. Sludge didapatkan dari sludge IPAL Sewon, sedangkan untuk konsorium bakteri didapatkan dari konsorium bakteri terpilih dari kolam aerasi TPA Piyungan Pengambilan Sampel Masing-masing sampel akan diuji secara duplo atau menggunakan 2 sampel. Berikut komposisi reaktor batch aerasi :

Tabel 3. 1. Komposisi Reaktor

Nama Reaktor	Komposisi Reaktor
Kontrol	Air Lindi
Kontrol Aerasi	Air Lindi + Aerator
Sludge	Air Lindi + Sludge IPAL Sewon + Aerator
Konsorium Bakteri	Air lindi + Bakteri (A1)1, (A1)2, (A1)3, (A1)4, (A1)5, (A2)6, (A2)7, (A2)8, (E1)9, (E2)10 + Aerator



Gambar 3. 5. Kondisi Reaktor saat Running

3.10. Parameter Uji

Parameter yang akan di uji pada penelitian ini terdapat dua parameter yaitu parameter fisika dan parameter kimia. Parameter kimia diantaranya adalah COD, Amonia, dan Warna. Sedangkan parameter fisika nya adalah ph, suhu, DO, ORP,

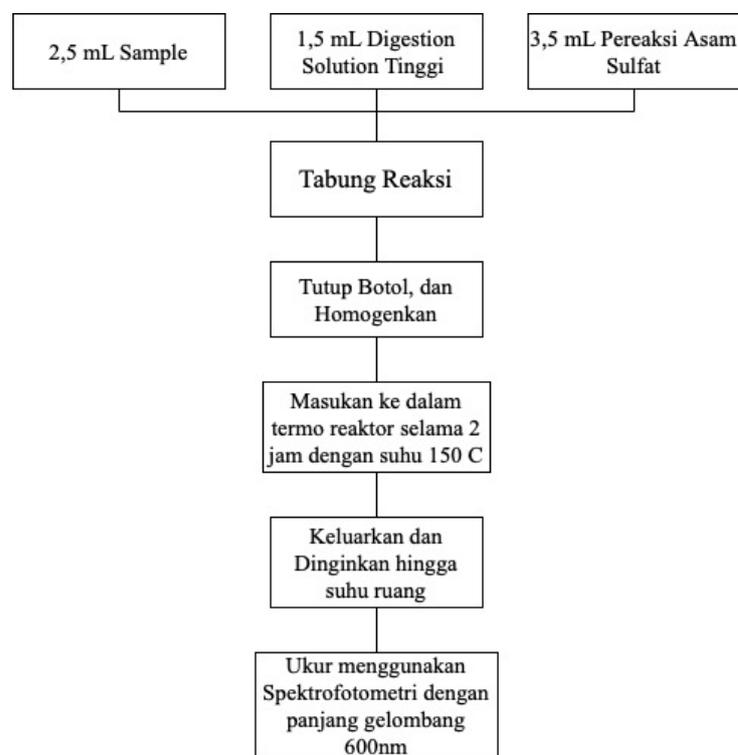
TDS, Elektrokonduktiviti. Sebelum dilakukan pengujian parameter terlebih dahulu akan dilakukan pengujian awal pada air limbah. Parameter COD, Amonia dan Warna akan di uji sebanyak 4 kali pada hari ke 0, 5, 11, 18, dan sedangkan untuk parameter Suhu, TDS, Elektrokonduktiviti, pH akan di uji setiap hari selama 3 minggu dan DO akan di uji setiap 1 minggu sekali. Air limbah yang akan di uji parameter kimianya akan di saring terlebih dahulu dengan menggunakan membrane asetat 0,45 μm . Hasil pengujian parameter akan di bandingkan dengan baku mutu Baku Mutu Air Lindi TPA Permen LHK No 59 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Lindi TPA

3.10.1. Uji Fisik (pH, DO, Suhu, TDS, Elektrokonduktiviti)

Pengujian fisik air lindi dilakukan dengan menggunakan alat seperti pH meter, DO meter, dan Multiparameter testing alat tersebut untuk menguji beberapa parameter yaitu TDS, Suhu, Elektrokonduktiviti, ORP. Pengujian parameter fisik dilakukan setiap hari selama 19 hari pada pukul 09:00. Pengecekan parameter tersebut dilakukan guna mengetahui perkembangan kondisi air lindi pada reaktor setiap harinya, dan untuk mengetahui penyebab terjadinya perubahan kadar amonia, COD, atau warna, sekaligus sebagai data yang digunakan untuk membandingkan hasil dari reaktor kontrol dengan hasil dari reaktor bakteri atau reaktor sludge.

3.10.2. Uji COD

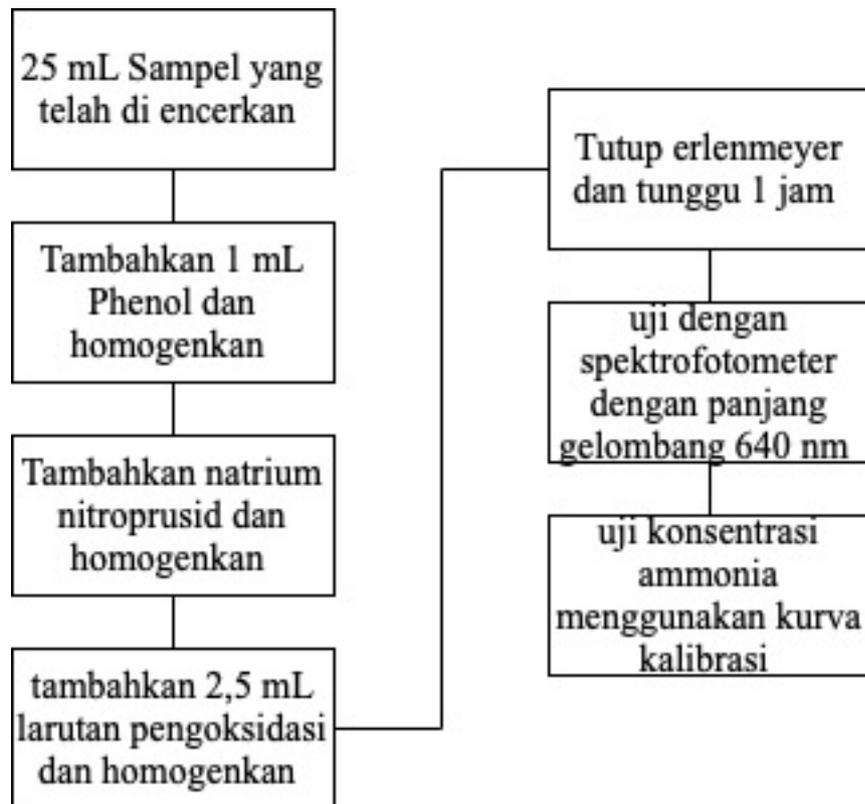
Pengujian parameter COD akan dilakukan dengan menggunakan metode refluks tertutup secara spektrofotometri dengan mengacu (SNI-6989.2, 2009). Pengujian COD ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kadar COD yang terjadi pada setiap reaktor yang telah di tambahkan bakteri spesifik oleh penelitian sebelumnya (Fina, 2023) dan penambahan sludge IPAL Sewon. Berikut merupakan diagram alir pengujian COD :



Gambar 3. 6. Diagram Alir Pengujian COD

3.10.3. Uji Amonia

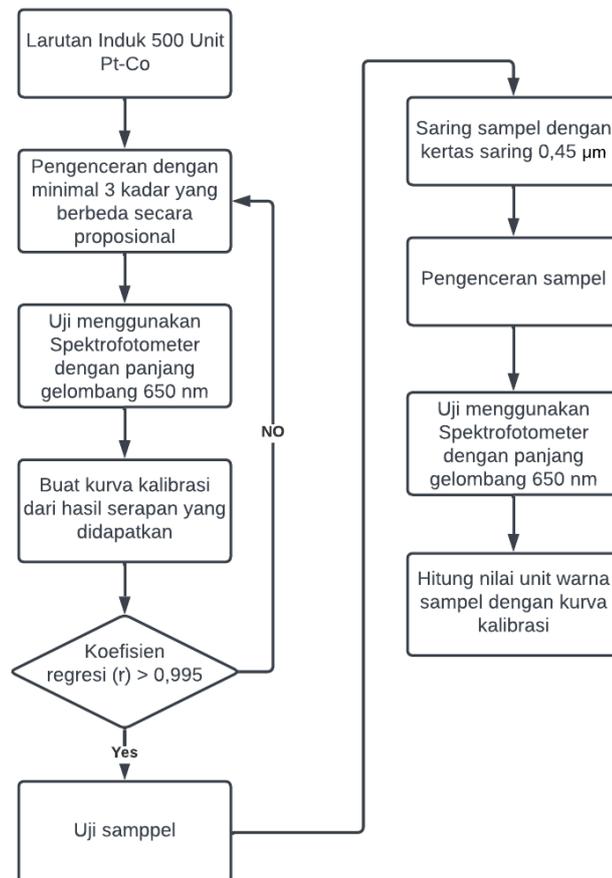
Pengujian parameter Amonia dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri secara fenat dengan mengacu pada SNI 06-6989.30-2005 (Nasional, 2005). Setelah dilakukan uji, selanjutnya dibuat kurva kalibrasi dan ditentukan persamaan regresinya, lalu bandingkan dengan baku mutu. Berikut diagram alir pengujian amonia :



Gambar 3. 7. Diagram Alir Pengujian Amonia

3.10.4. Uji Warna

Pengujian parameter warna menggunakan metode spektrofotometri dengan mengacu pada SNI 6989.80:2011 (Indonesia & Nasional, 2011). Berikut diagram alir pengujian warna :



Gambar 3. 8. Diagram Alir Pengujian Warna

Berikut adalah tabel parameter uji COD, Amonia, Warna dan metode nya :

Tabel 3. 2. Parameter Kimia

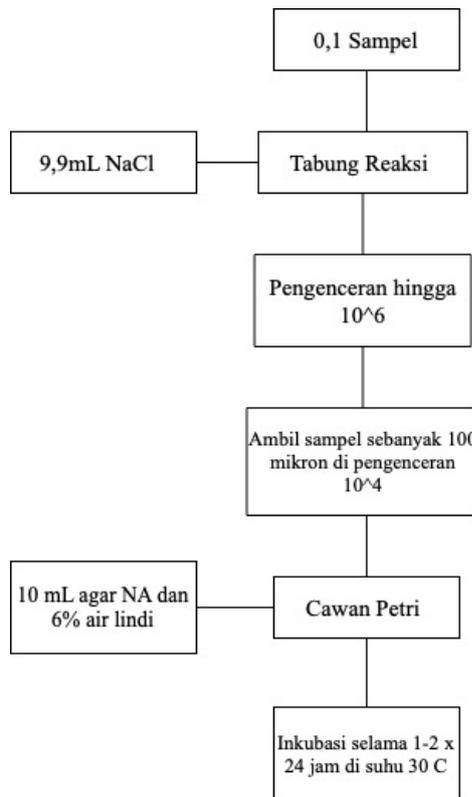
No	Parameter	Satuan	Metode	SNI
1	COD	mg/L	Spektrofotometri	SNI 6989.72 2009
2	Amonia	mg/L	Spektrofotometri	SNI 19- 7117.6-2005
3	Warna	Pt-co	Spektrofotometri	SNI 06-6989-80-2011

Tabel 3. 3. Parameter Fisika

No	Parameter	Satuan	Metode	SNI
1	Suhu	Celcius	Termometer	SNI 6989.23-2005
2	pH	-	Ph meter	SNI 6989.11:2009
3	Elektrokonduktiviti	mS/cm	Multiparameter	SNI 01-2332.1-2006
4	TDS	ppm	Multiparameter	-
5	DO	Ppm	Do meter	SNI 06-6989.14-2004
6	ORP	V	ORP meter	-

3.1. Perhitungan Jumlah Bakteri

Setelah dilakukan uji parameter fisika dan kimia selama 4 minggu, reaktor aerasi akan di hitung jumlah bakteri yang terdapat di reaktor tersebut. Pada perhitungan bakteri serta pengisolasian bakteri ini dilakukan menggunakan metode tuang (Pour Plate). Dengan melakukan pengenceran hingga 10^{-4} . Dengan tujuan mendapatkan mikroba yang terbaik dan mengurangi kepadatan bakteri yang di tanam. Pada sampel pengenceran 10^{-4} tiap sampel diambil 0,1mL. Untuk sampel sebanyak 0,1mL dari masing-masing pengenceran dimasukkan ke dalam 2 cawan petri yang telah di steril. Kemudian tutup cawan petri agar terhindar dari kontaminan. Setelah sampel masuk ke dalam cawan petri tambahkan media NA, lalu cawan petri diputar secara perlahan seperti mengikuti angka 8 di atas meja yang datar. Setelah itu cawan petri di inkubasi 1-2x24 jam pada suhu 30°C .



Gambar 3. 9. Diagram Alir Isolasi Bakteri

3.2. Metode Analisis Data dan Evaluasi

Setelah pengujian kandungan COD, Amonia, dan Warna pada air lindi, maka dilakukan analisis untuk melihat keberhasilan bakteri aerasi dalam mengolah air lindi. Kemudian, hasil pengujian dibandingkan dengan baku mutu parameter sesuai dengan peraturan yang ada. Berikut baku mutu yang digunakan sebagai acuan :

No	Parameter	Satuan	Baku mutu	Referensi
1	COD	mg/L	300	Permen LHK RI NOMOR P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

2	Amonia	mg/L	10	Permen LHK No.68 tahun 2016 tentang baku Mutu Air Limbah Domestik
3	Warna	Pt-Co	200	Permen LHK RI NOMOR P.16/Menlhk/Setjen/Kum.1/4/2019 tentang Baku Mutu Air Limbah

Analisis efisiensi removal pada masing-masing parameter polutan air limbah dilakukan untuk melihat potensi keberhasilan bakteri spesifik untuk mengolah air lindi TPA Piyungan. Setelah dilakukan pengujian parameter COD, Amonia, dan Warna pada limbah air lindi TPA Piyungan kemudian dilakukan perhitungan efisiensi removal dan perhitungan efisiensi removal dilakukan setiap minggu menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Removal} = \frac{C \text{ Awal} - C \text{ Akhir}}{C \text{ Awal}} \times 100$$

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Morfologi Bakteri

Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi bakteri yang berada pada kolam aerasi IPAL TPA Piyungan yang dilakukan oleh tim. Bakteri yang ditemukan akan diidentifikasi dan diuji kemampuannya dalam mengolah air lindi terutama dalam mendegradasi kandungan COD, Amonia, dan Warna dalam air lindi. Bakteri diidentifikasi morfologinya berdasarkan shape, margin elevation, size, appearance, optical property, texture dan pigmentation, serta diidentifikasi sifat gram bakteri dengan pewarnaan gram lalu melakukan pengecekan dengan mikroskop cahaya dengan perbesaran 100x.

Dari hasil identifikasi morfologi bakteri kolam aerasi IPAL TPA Piyungan terdapat bentuk irregular 2 sampel, circular 7 sampel, dan rizoid 1 sampel. Margin curled 2 sampel, entire 8 sampel. Elevation convex 2 sampel, flat 7 sampel, raised 1 sampel. Ukuran moderate 7 sampel, large 3 sampel. Appearance dull 8 sampel, glistening 2 sampel, warna putih 4 sampel, cream 1 sampel, kuning 5 sampel, terdapat 4 sampel memiliki sifat negatif dan 6 sampel memiliki sifat positif. Bentuk sel monobasil 3 sampel, kokus 6 sampel, dan basil 1 sampel.

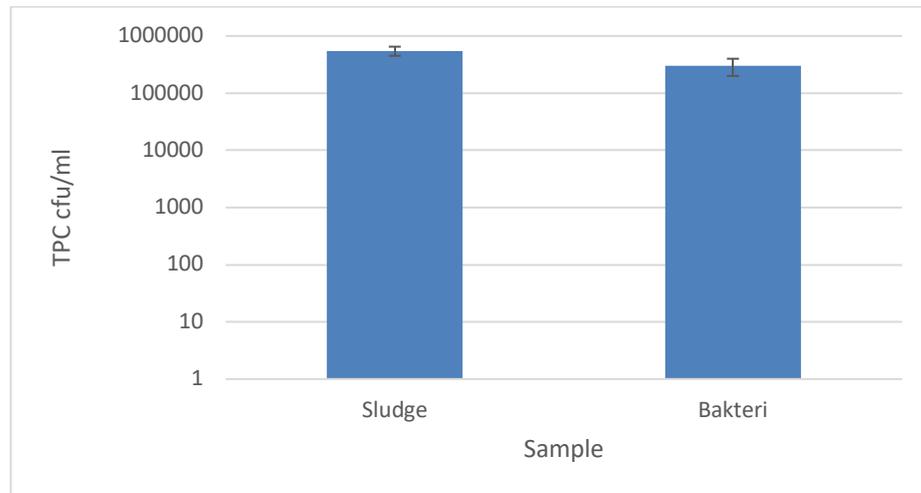
Tabel 4. 1. Morfologi bakteri Konsorsium Bakteri

No	Sampel	Morfologi Konsorsium Bakteri
1.	(A1)1	Irreguler, Curled, Convex, Moderate, Dull, Putih, Negative, Monobasil
2.	(A1)2	Circular, Entire, Flat, Moderate, Dull, Kuning, Positif, Monobasil

3.	(A1)3	Rizoid, Curled, Raised, Moderate, Dull, Putih Pekat, Positif, Monobasil
4.	(A1)4	Circular, Entire, Flat, Moderate, Glistening, Putih, Negative, Monobasil
5.	(A1)5	Circular, Entire, Flat, Large, Glistening, Kuning, Positif, Kokus
6.	(A2)6	Irregular, Entire, Flat, Large, Dull, Putih, Positif, Kokus
7.	(A2)7	Irreguler, Entire, Flat, Large, Dull, Putih, Negative, Kokus
8.	(A2)8	Circular, Entire, Convex, Large, Dull, Kuning, Negative, Kokus
9.	(E1)9	Circular, Entire, Flat, Moderate, Dull, Kuning, Positif, Kokus
10.	(E2)10	Circular, Entire, Flat, Moderate, Dull, Kuning, Positif, Basil

4.2. Perhitungan Jumlah Bakteri

Pengujian Total Plate Count dilakukan pada hari ke 18 pada reaktor batch aerasi dan inkubasi selama 2 hari maka di dapat jumlah koloni yang dapat di hitung menggunakan colony counter. Berikut merupakan grafik pengujian Total Plate Count (TPC) :

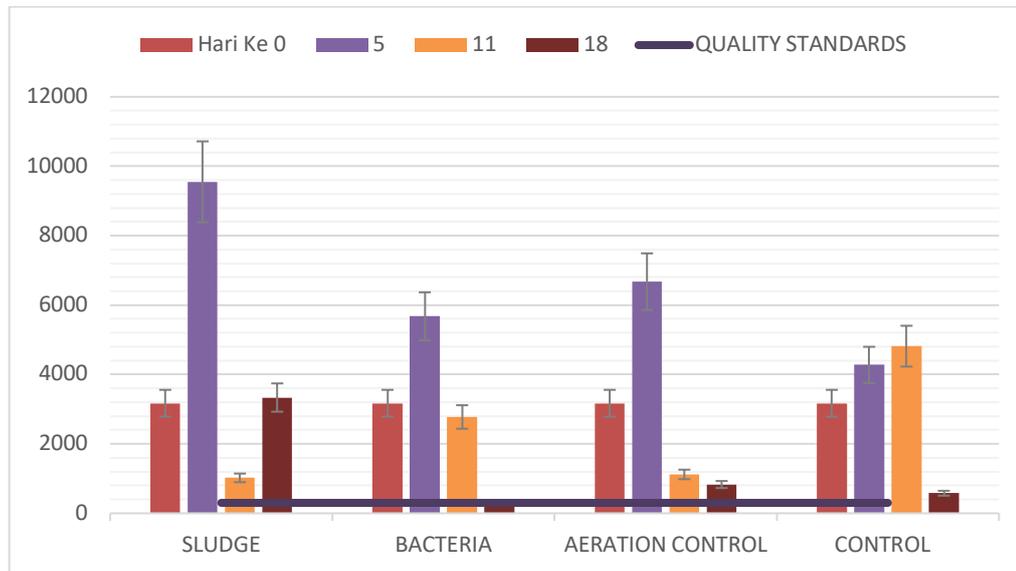


Gambar 4. 1 Grafik Konsentrasi Total Bakteri Hari ke - 18

Berdasarkan grafik diatas pada reaktor batch aerasi pada hari ke – 18 jumlah koloni sampel sludge berjumlah 550.000cfu/ml dan 300.000 cfu/ml untuk sampel bakteri. Dilihat dari grafik diatas bahwa sampel sludge memiliki lebih banyak jumlah bakteri karena keberaneka ragaman bakteri dari ipal limbah domestic yang membuat sampel sludge lebih unggul dibandingkan dengan sampel bakteri.

4.3. Removal COD pada Air Lindi

Kadar COD pada air lindi TPA Piyungan mengalami kenaikan dan penurunan konsentrasi selama pengujian dilakukan. Data hasil pengujian COD pada air lindi menggunakan bantuan Reaktor Batch Aerasi dan Bakteri Aerasi selama 19 hari dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



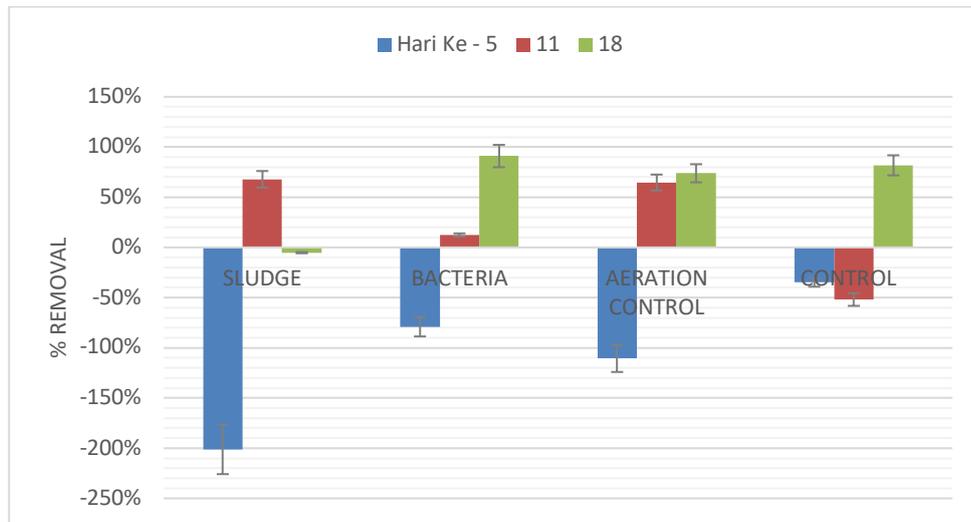
Gambar 4. 2 Grafik Pengujian COD selama 19 hari. Bar merupakan Rata-rata data dan Standar Error didapatkan pengujian dari Replikasi

Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa minggu ke-0 konsentrasi kadar COD pada reaktor batch aerasi yaitu sebesar 3170,00 mg/L dan Setelah 19 hari pengujian didapatkan hasil bahwa sampel sludge mengalami penurunan dan kenaikan konsentrasi. Sedangkan sampel bakteri mengalami penurunan yaitu menjadi 285mg/L, dan sampel control aerasi juga mengalami penurunan dan kenaikan konsentrasi COD dalam air lindi sebesar 6675mg/L, 1120mg/L, 829mg/L. Jika dibandingkan dari ke empat sampel tersebut sampel bakteri lah yang paling mampu mendegradasi kandungan COD, dikarenakan sampel bakteri terdapat aktivitas bakteri yang dapat menguraikan kadar COD dan adanya pengolahan aerasi maka zat organic dapat teroksidasi oleh oksigen terlarut serta bekerja secara optimal (Herlambang & Martono, 2018). Senyawa organic dalam lindi akan digunakan oleh bakteri sebagai makanan kemudian memecahnya menjadi senyawa yang lebih sederhana dan menggunakan energi yang dihasilkan akan berkembang biak (Said, 2006). Bakteri akan mengeluarkan enzim yang dapat melarutkan bahan organic susah larut agar mudah di degradasi, setelah larut bahan organic akan di serap masuk ke dalam tubuh bakteri. Pada sampel sludge di waktu tertentu mengalami kenaikan, yang di karenakan kenaikan konsentrasi COD pada air lindi ialah waktu

tinggal bakteri hal tersebut membuat bakteri belum beradaptasi dengan baik dan jumlah bakteri yang banyak dan beraneka ragam dapat memicu kompetisi antar bakteri, serta terjadi kemungkinan yang disebabkan oleh senyawa organik yang terkandung dalam lumpur aktif reaktor sludge telah habis dikonsumsi sehingga mikroorganisme kehabisan makanan lalu mengalami kematian yang kemudian ikut terukur sebagai COD (Yudith Rizkia, 2015). Sedangkan untuk sampel control tanpa aerasi menunjukkan penurunan yang signifikan yaitu 577,5 mg/l hal tersebut diduga karena pada sampel control terdapat kenaikan nilai Dissolved Oxygen (DO). Dampak yang diperoleh jika DO meningkat dapat mempengaruhi konsentrasi COD (M. Sari & Huljana, 2019). Faktor yang mempengaruhi nilai DO meningkat pada reaktor control salah satunya ialah suhu pada reaktor tersebut menurun, semakin kecil suhu maka kadar oksigen juga semakin besar (Zammi et al., 2018). Selain itu, Penurunan kadar COD dalam reaktor control dapat disebabkan karena terjadinya degradasi secara alamiah dengan proses penguraian senyawa organik (Rachmawan, 2019).

- Presentase Removal COD pada Air Lindi

Berikut merupakan presentase removal COD air lindi setelah 19 hari pengolahan dengan Bakteri Aerasi :



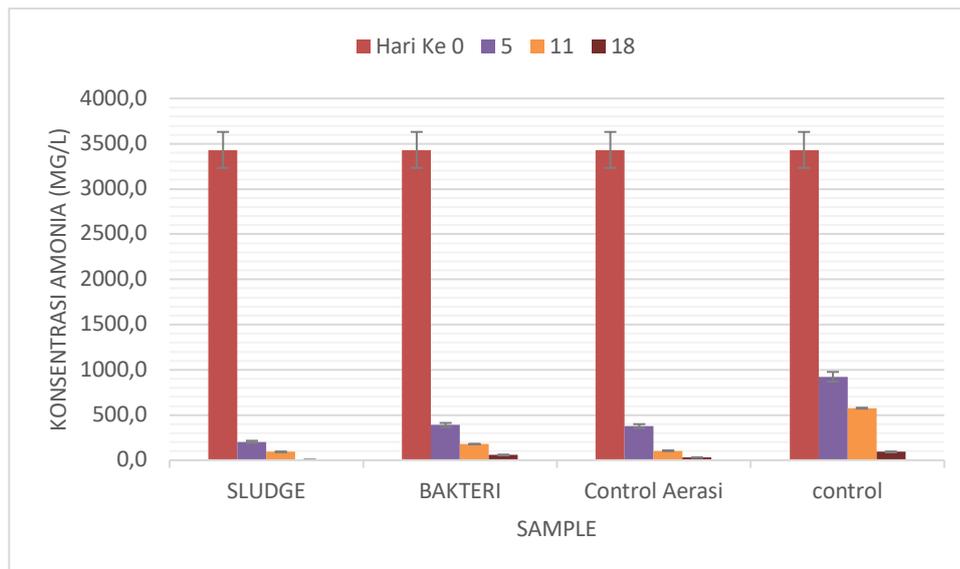
Gambar 4. 3 Grafik Efisiensi Removal COD selama 19 Hari. Bar merupakan Rata-rata data dan Standar Error didapatkan pengujian dari Replikasi

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi pada parameter COD dalam air lindi dan juga terdapat kenaikan konsentrasi COD dalam air lindi yang mana di tandai dengan presentase removal bernilai negatif. Pada hari ke-5 semua sampel menunjukkan tidak adanya removal COD dikarenakan konsentrasinya lebih besar dari pada kondisi awal. Pada hari ke-11 presentase removal yang terjadi sebesar 68% untuk sampel sludge dan 12% untuk sampel bakteri. Pada hari ke-18 sampel sludge Kembali tidak mengalami removal dan pada sampel bakteri terjadi removal sebesar 91%. Pada sampel bakteri mengalami penurunan secara signifikan dikarenakan jenis bakteri yang telah diidentifikasi terindikasi dapat menurunkan kadar COD dalam air lindi.

Jika dibandingkan dengan penelitian lain oleh Nurhasanah (2011), pendegradasian COD dengan pemberian udara (aerasi) pada Air Lindi TPA Galuga sebesar 75%. Selain itu terdapat penelitian lain juga yang menggunakan metode (MBBR) secara aerobik oleh (Sischa,2019) pada lindi TPA Gampong memiliki efisiensi removal 35,8%.

4.4. Removal Amonia pada Air Lindi

Data hasil pengujian Amonia pada air lindi menggunakan bantuan reaktor aerasi dan bakteri spesifik selama 21 hari dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



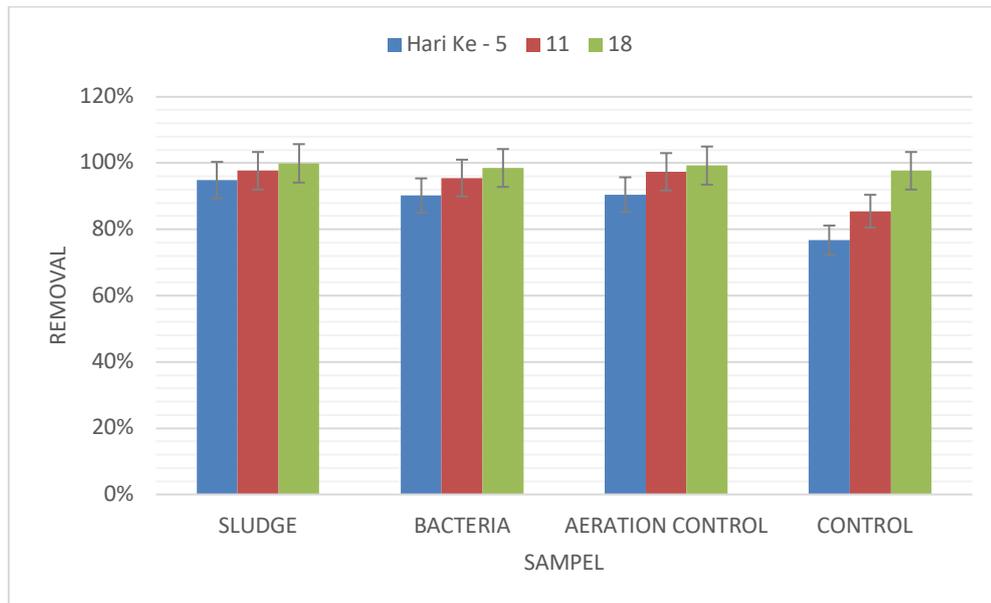
Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Amonia selama 19 hari. Bar merupakan Rata-rata data dan Standar Error didapatkan pengujian dari Replikasi

Pengujian konsentrasi awal sampel air limbah pada minggu ke – 0 menunjukkan nilai konsentrasi sebesar 3341,76 mg/L. Dari ke empat sampel tersebut yang paling mampu mendegradasi kandungan amonia adalah sampel sludge yaitu sebesar 3,10 mg/L dan sudah sesuai dengan baku mutu. Hal ini Dikarenakan sampel sludge, terdapat penambahan lumpur aktif dari IPAL Sewon yang mengandung banyak jenis bakteri sehingga nitrogen dapat diubah menjadi senyawa yang tidak beracun. Selain itu, lumpur aktif juga mengandung bakteri Nitrosomonas dan bakteri Nitrobacter yang merubah amonia menjadi nitrit dan kemudian menjadi nitrat dengan bantuan oksigen yang di aerasikan melalui aerator (Andrianto et al., n.d.). Penurunan nilai Amonia pada sampel sludge juga dipengaruhi oleh aktivitas biologis mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa-senyawa organic yang terkandung dalam limbah air lindi,

Proses aerasi merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai Amonia, karena dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air limbah selain itu berguna bagi mikroorganisme dalam pertumbuhannya serta meningkatkan kerja bakteri aerob dalam mendegradasi senyawa organik (F. R. Sari et al., 2013) hal tersebut menjadi salah satu penyebab menurunnya konsentrasi amonia. Penurunan kadar amonia setelah sampel sludge adalah sampel bakteri yaitu 58,31 mg/L, bakteri aerasi akan mengoksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat melalui proses nitrifikasi, proses nitrifikasi ini memerlukan oksigen yang cukup untuk mendukung pertumbuhan dari bakteri aerob. Serta terdapat factor lain yang mempengaruhi bakteri aerasi dapat menurunkan kadar amonia pada air lindi yaitu suhu pada reaktor berkisar antara 20-30° dan nilai pH berkisar 6-8 parameter fisika tersebut dapat mempengaruhi atau menunjang pertumbuhan bakteri aerasi sehingga dapat menurunkan konsentrasi amonia dengan optimal (Nusa, 2014). Sampel control aerasi juga mengalami penurunan konsentrasinya ialah 29,77mg/L. Dari kedua sampel tersebut dapat mendegradasi kandungan amonia pada air lindi karena adanya pemberian oksigen yang menunjang ketersediaan oksigen terlarut. Walaupun sampel bakteri, dan control aerasi dapat menurunkan kadar amonia tetapi masih belum sesuai baku mutu yang telah ditetapkan. Pada sampel control juga mengalami penurunan kadar amonia sebesar 91,81mg/L namun belum maksimal dikarenakan jumlah dan keberagaman mikroorganisme yang relative sedikit menyebabkan aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan amonia belum maksimal.

- Presentase Removal Amonia pada Air Lindi

Berikut merupakan presentase removal Amonia air lindi setelah 19 hari pengolahan dengan Bakteri Aerasi :

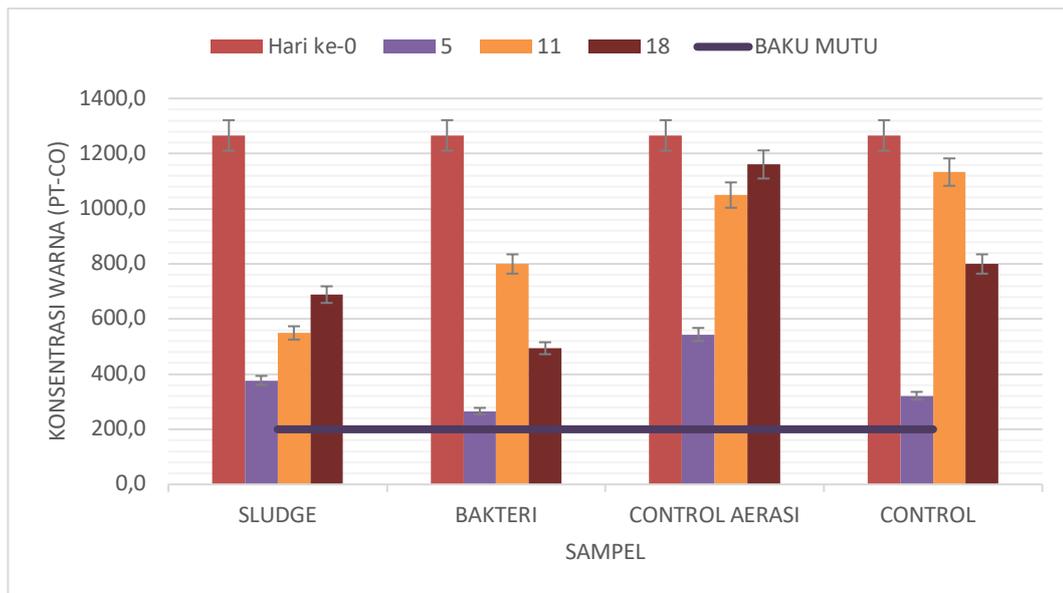


Gambar 4. 5 Grafik Efisiensi Removal Amonia selama 19 Hari. Bar merupakan Rata-rata data dan Standar Error didapatkan pengujian dari Replikasi

Dari gambar 4.6 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi amonia pada seluruh sampel. Pada hari ke-5 sampel sludge menunjukkan presentase removal sebesar 95% dan pada sampel bakteri 90%. Sedangkan hari ke-11 kembali menunjukkan presentase removal yaitu sebesar 98% untuk sampel sludge dan 95% untuk sampel bakteri. Pada hari ke-18 removal amonia sebesar 100% sampel sludge dan 99% untuk sampel bakteri. Nilai presentase removal yang tinggi ini dapat disimpulkan bahwa pengolahan secara aerasi dan penambahan bakteri aerasi serta lumpur aktif dapat menurunkan kadar amonia dalam air lindi dan adanya aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan-bahan pencemar yang terkandung pada air limbah. Penelitian oleh Nurhasanah (2011) menyebutkan bahwa pendegradasian kadar Amonia dengan pemberian udara (aerasi) pada Air Lindi TPA Galuga sebesar 66,60%. Penelitian lain oleh (Nusa, 2015) menyebutkan bahwa pengolahan lindi secara aerob, anaerob, dan denitrifikasi secara berturut-turut adalah 91,35%, 46,4%, dan 55,87%.

4.5. Removal Warna pada Air Lindi

Data hasil pengujian Warna pada air lindi menggunakan bantuan reaktor aerasi dan bakteri spesifik selama 21 hari dapat dilihat pada grafik dibawah ini :

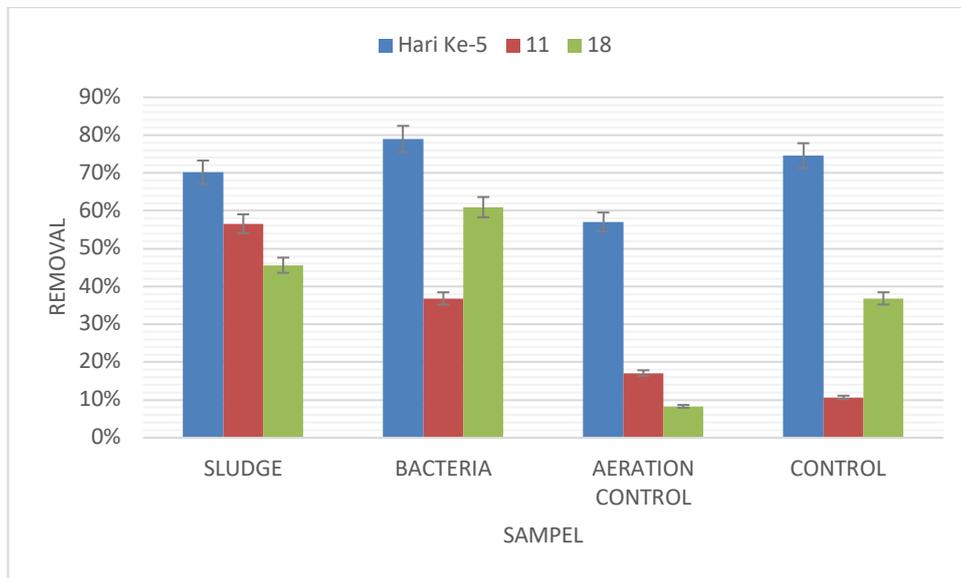


Gambar 4. 6 Grafik Pengujian Warna selama 19 hari. Bar merupakan Rata-rata data dan Standar Error didapatkan pengujian dari Replikasi

Berdasarkan grafik di atas hari ke – 0 menunjukkan kadar Pt-Co sebesar 1266,11 Pt-Co. Tetapi dari ke empat sampel yang dapat menurunkan kadar Pt-Co adalah bakteri yaitu sebesar 494,16 Pt-Co. Dan di susul sampel sludge yang dapat menurunkan kadar zat warna yaitu sebesar 688,61 Pt-Co, sedangkan sampel control aerasi dan sampel control memiliki nilai Pt-Co yang cukup tinggi pada hari terakhir pengujian yaitu secara berturut 1160,8 Pt-Co dan 799,7 Pt-Co. Pada pengujian zat warna kali ini mengalami fluktuasi dikarenakan isolate bakteri yang masih dalam tahap beradaptasi dan isolate bakteri memiliki perbedaan interval waktu regenerasi dalam memanfaatkan zat warna menjadi karbon nya. Kenaikan pada zat warna juga terjadi karena metabolisme bakteri yang kurang baik, karena proses reduksi zat warna membutuhkan *enzim azoreductase* yang dihasilkan oleh bakteri untuk memecah ikatan kromofor pada pewarna sintetik. Zat warna yang digunakan sebagai sumber

karbon bisa saja tidak sesuai dengan kebutuhan metabolisme bakteri yang berakibatkan mengganggu proses pemecahan zat warna dan terjadi fluktuasi konsentrasi zat warna (Hsueh, 2009). Pada reaktor sludge menunjukkan hasil yang semakin hari semakin naik hal tersebut diduga bakteri dapat tumbuh dengan memanfaatkan nutrisi dari limbah cair pewarna untuk menghasilkan energi dan sumber karbon, dengan cara memecah limbah pewarna menjadi senyawa sederhana yang dapat digunakan untuk pertumbuhannya (Sorta, 2012). Namun, semakin lama waktu inkubasi maka jumlah bakteri juga akan semakin menurun. Hal ini dapat disebabkan karena nutrisi dalam media semakin berkurang, dengan adanya jumlah sel yang semakin bertambah sehingga mengakibatkan terjadinya kompetisi perebutan nutrisi dalam media (Kusumaningrat, 2013).

Berikut merupakan presentase removal Amonia air lindi setelah 19 hari pengolahan dengan Bakteri Aerasi :



Gambar 4. 7 Grafik Efisiensi Removal Warna selama 19 Hari. Bar merupakan Rata-rata data dan Standar Error didapatkan pengujian dari Replikasi

Dari Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa terjadi penyisihan parameter warna di setiap sampel nya. Namun memiliki hasil presentase yang beragam, pada hari terakhir yaitu hari ke -18 sampel sludge dapat menurunkan kadar warna sebesar 46%, sampel bakteri 61%, sampel control aerasi 8%, dan sampel control 37%. Sampel bakteri memiliki presentase removal paling tinggi dikarenakan bakteri mampu mengolah warna jika bakteri beradaptasi dengan baik sehingga mampu memanfaatkan zat warna dalam air lindi untuk kebutuhan karbon nya. Selain itu metabolisme yang baik dapat membantu baktri dalam mereduksi zat warna pada air lindi (Hsuch,2009).

4.6 Hasil Parameter Fisika

Parameter Fisika ialah parameter yang digunakan untuk mengukur keadaan fisik dari limbah. Parameter fisika meliputi (pH, Suhu, Elektrokonduktiviti, TDS, dan ORP). Data hasil pengujian Parameter Fisika pada air lindi TPA Piyungan menggunakan bantuan aerasi dan bakteri aerasi selama 19 hari pengujian dapat dilihat dalam grafik di bawah ini :

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Parameter Fisika Hari Ke 0 - 19

Reaktor	pH		Suhu (C)		EC (mS/cm)		TDS (ppm)		ORP (mV)	
Sludge	9,11	± 0,25461	23,34	± 1,58	2935,79	± 331,03	1465,26	± 176,52	122,45	± 14,43
	8,7	- 9,52	20,60	- 26,20	2580	- 3740	1270	- 1900	-98	- -147
Bakteri	8,94	± 0,26777	23,20	± 1,44	7750	± 1671,54	4054,74	± 570,12	108,91	± 10,94
	8,38	- 8,92	20,60	- 26,10	2900	- 9680	1940	- 4840	-95	- -132
Control Aerasi	9,25	± 0,20424	23,45	± 1,54	3292,78	± 814,83	1655,56	± 420,33	127,30	± 13,29
	9,04	- 9,59	21,60	- 21,60	2530	- 5810	1220	- 2870	-110	- -149
Control	8,75	± 0,21656	23,09	± 3,96	2836,67	± 321,25	1416,11	± 152,17	-99,82	± 13,30
	8,55	- 9,23	21,76	- 26,50	2610	- 3940	1300	- 1920	-87	- -130

Keterangan : semua nilai merupakan rata-rata ± standar deviasi, dan nilai dibawahnya mengindikasikan nilai minimum dan maksimum

a) pH (Potential Hydrogen)

Selama running reaktor selama 19 hari pH berkisar antara 8,7 – 9,52 yang berarti pH lindi tergolong basa. Nilai pH di pengaruhi oleh beberapa factor yakni oksigen terlarut (DO), aktivitas mikroorganisme, dan peningkatan suhu air. Meningkatnya PH pada sampel sludge, bakteri, dan control aerasi diakibatkan penambahan aerasi pada sistem menyebabkan kandungan oksigen terlarut dalam air lindi meningkat. Oksigen terlarut kemudian di manfaatkan oleh mikroorganisme untuk respirasi dan dihasilkan CO₂, Karbon dioksida yang terlarut dalam air kemudian akan mengalami reaksi kesetimbangan dan menghasilkan ion OH⁻ penyebab meningkat nya pH (Surg et al., 2021). Dan factor lain sebab dari meningkatnya sampel sludge yaitu proses penguraian yang terjadi oleh mikroorganisme terhadap nutrient (makanan) yang diberikan seperti glukosa, NH₄Cl. peningkatan nilai pH tersebut dikarenakan adanya nutrient yang diberikan ke dalam mikroorganisme.

b) Suhu

Pengujian Parameter suhu dilakukan selama 18 kali pengujian. Selama proses running reaktor suhu berkisar antara 21°C – 26°C, setiap hari nya suhu mengalami perubahan yang bervariasi. Beberapa factor yang mempengaruhi suhu paada reaktor yaitu sinar matahari, proses dekomposisi yang terjadi dalam limbah. Kondisi s,uhu pada reaktor dapat mempengaruhi kelangsungan hidup bakteri, jika bakteri hidup dalam kondisi yang tidak sesuai maka proses kelangsungan hidup bakteri dapat terganggu. Adanya kenaikan dan penurunan suhu mampu mempengaruhi kondisi dari biota perairan yang terbiasa hidup pada suhu yang alami termasuk juga dengan bakteri. Selain itu suhu juga dapat mempengaruhi kondisi kelarutan oksigen dalam air (Handayani, 2012).

c) EC (*Electronic Conductivity*)

Nilai EC sebelum dilakukan nya running reaktor yaitu 3420 µs/cm. Nilai EC yang cukup tinggi ini diakibatkan oleh pembusukan sampah yang menghasilkan kation

dan ion dalam air lindi (Marta, 2019). Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa Parameter Elektrokonduktiviti memiliki rata-rata 2935,79 mS/cm sampel sludge dan 7750,0 mS/cm sampel bakteri. Sampel bakteri mengalami kenaikan yang cukup signifikan dari sampel awal. Hal tersebut terjadi karena semakin banyak padatan terlarut maka semakin banyak pula jumlah ion pada larutan tersebut.

d) TDS (*Total Dissolved Solid*)

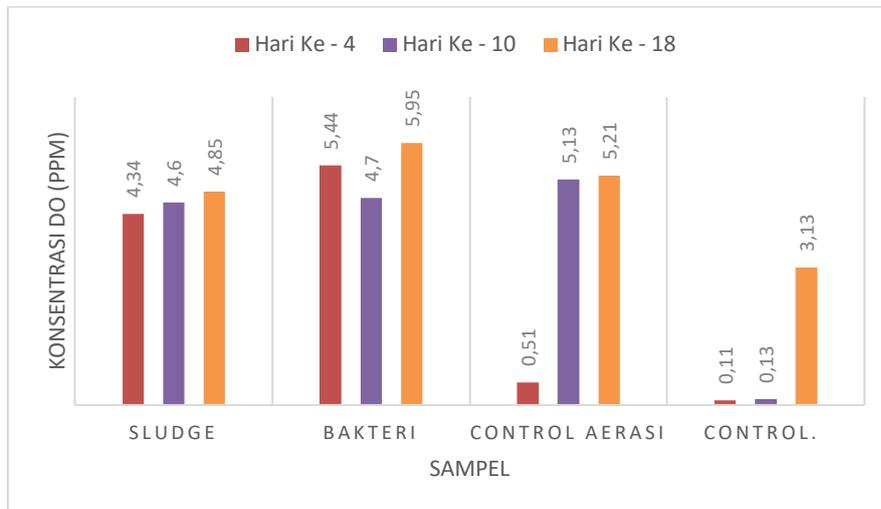
Parameter TDS sampel sludge memiliki rata-rata 1465,26 ppm dan 4054,74 ppm untuk sampel bakteri. Menurut (R. N. Sari & Afdal, 2017) baku mutu TDS untuk air lindi adalah 2000 mg/L yang berarti sampel bakteri sudah memenuhi baku mutu. Terjadi nya penurunan dan peningkatan pada TDS karena proses pemecahan bahan organic berukuran besar menjadi lebih kecil, dan nilai TDS menurun karena bahan organic dimanfaatkan oleh bakteri sebagai sumber energi. Nilai EC sebanding dengan nilai TDS, jika nilai TDS naik maka nilai EC juga akan mengalami kenaikan. Pada reaktor bakteri, EC menunjukkan hasil yang cukup tinggi dikarenakan semakin banyak padatan terlarut maka semakin banyak pula jumlah ion pada suatu larutan.

e) ORP (*Oxidation Reducion Potensial*)

Parameter ORP sampel sludge dengan rata-rata -122,45 mV dan sampel bakteri -108,91. Parameter ORP menunjukkan suatu larutan termasuk oksidator atau reduktor, hasil pada pengujian lindi ini bersifat negatif yang berarti lindi termasuk kedalam larutan reduktor. Dikarenakan lindi mengandung senyawa reduktor seperti sulfida, nitrit, atau senyawa organic. Senyawa-senyawa tersebut cenderung menurunkan nilai ORP sehingga menghasilkan nilai negative. Kehadiran bakteri juga menjadi salah satu penyebab ORP bernilai negative karena bakteri dalam limbah dapat mengkonsumsi oksigen terlarut, yang menyebabkan menurun nya nilai ORP, Pengaruh PH juga dapat mempengaruhi nilai ORP, pada pH rendah nilai ORP cenderung lebih tinggi, sedangkan pada pH tinggi nilai ORP lebih rendah

f) DO (*Dissolved Oxygen*)

Data hasil pengujian parameter Oksigen terlarut (DO) pada air lindi TPA Piyungan menggunakan bantuan aerasi dan bakteri aerasi selama 19 hari pengujian dapat dilihat dalam grafik di bawah ini :



Gambar 4. 8 Grafik Pengujian DO

Berdasarkan data grafik diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi DO menunjukkan data yang stabil, dikarenakan pada sampel sludge, bakteri, dan control aerasi telah ditambahkan aerator. Hanya saja pada hari ke – 4 sampel control Aerasi DO nya sangat kecil yaitu 0,51ppm dikarenakan pada saat itu aerator tidak bekerja secara maksimal. Pada sampel control hari ke 18 mengalami kenaikan yang cukup signifikan menjadi 3,13ppm. Hal tersebut diduga akibat dari suhu yang mengalami penurunan, penurunan suhu di dalam air limbah menyebabkan meningkatnya kadar oksigen terlarut dalam air (DO) (Zammi et al., 2018). Peningkatan konsentrasi DO juga dapat terjadi akibat adanya proses difusi oksigen bebas dari udara, hal tersebut karena reaktor yang digunakan pada penelitian ini tidak tertutup. Sehingga hal tersebut memungkinkan kenaikan nilai DO pada reaktor control. DO merupakan parameter kunci kualitas air semakin tinggi DO dalam air maka semakin baik pula kondisi air tersebut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

4.5 Simpulan

Hasil penelitian yang telah saya lakukan dengan judul Efektivitas Kombinasi reaktor aerasi dan spesifik bakteri untuk mendegradasi polutan air limbah lindi TPA Piyungan, maka dapat disimpulkan bahwa Sistem reaktor batch aerasi memiliki kemampuan yang baik dalam pengolahan limbah cair lindi dengan mendegradasi kandungan parameter-parameter pencemar seperti COD, Amonia, Warna. Hasil dari pengujian air lindi menggunakan proses aerasi dan bakteri aerasi menunjukkan presentase removal COD 91%, Amonia 98%-100%, dan warna sebesar 61%. Jika dibandingkan antara sampel sludge dan sampel bakteri yang mampu mengolah COD dengan baik yaitu sampel bakteri, sedangkan untuk amonia sampel sludge lah yang paling mampu mendegradasikan kandungan amonia pada air lindi, dan untuk warna yang paling mampu mereduksi kandungan warna ialah sampel bakteri.

4.6 Saran

Dari hasil penelitian, penelitian selanjutnya dapat menambah rentang waktu yang lebih lama dibanding dengan 19 hari penelitian dimaksudkan agar data yang didapat lebih maksimal. Diperlukan pengolahan limbah lebih lanjut untuk guna mendegradasi kandungan bahan pencemar, sehingga angka konsentrasi bahan pencemar berada di bawah baku mutu Permen LHK No.059 Tahun 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiandy, D. (2003). *Pengolahan leachate di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tompogunung Kabupaten Semarang* (pp. 1–92).
<http://eprints.undip.ac.id/11868/1/2003MIL3853.pdf>
- Ali, M. (2011). *Monograf REMBESAN AIR LINDI (LEACHATE) DAMPAK*.
- Andrianto, G., Jati, L. C., Kimia, J. T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (n.d.).
Lumpur Aktif Dan Ceratopyllum Demersum Serta. 2009, 1–11.
- Anqi, T., Zhang, Z., Suhua, H., & Xia, L. (2020). Review on landfill leachate treatment methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 565(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/565/1/012038>
- Ariyani, S. F., Putra, H. P., & Kasam. (2018). Evaluasi Pengelolaan Sampah di TPA Piyungan, Kabupaten Bantul. *DSpace UII*, 1(1), 1–17.
<https://media.neliti.com/media/publications/142475-ID-estimasi-sebaran-dan-analisis-risiko-tsp.pdf>
- Chan, Y. J., Chong, M. F., Law, C. L., & Hassell, D. G. (2009). A review on anaerobic-aerobic treatment of industrial and municipal wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 155(1–2), 1–18.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.06.041>
- Direstiyani, L. C. (2016). *Tugas akhir – re 141581 kajian kombinasi*.
- Djo, Y. H. W., Suastuti, D. A., Suprihatin, I. E., & Sulihingtyas, W. D. (2017). Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Untuk Menurunkan COD dan Kandungan Cu dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik Universitas Udayana. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 5(2), 137–144.
- Galuga, S., & Bogor, K. (n.d.). *Efektivitas Pemberian Udara Berkecepatan Tinggi*

dalam Menurunkan Polutan (Nurhasanah et al.). 63–76.

- Herlambang, A., & Martono, D. H. (2018). Teknologi Pengolahan Sampah Dan Air Limbah. *Jurnal Air Indonesia*, 4(2), 146–160.
<https://doi.org/10.29122/jai.v4i2.2422>
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2011). *Ia St 70 Li 31 Ia St 70 Li 31 Zu 51*.
- Kartikasari, I. B., Widyastuti, M., & Hadisusanto, S. (2020). Pengujian Toksisitas Lindi Instalasi Pengolahan Lindi TPA Piyungan pada *Daphnia sp.* dengan Whole Effluent Toxicity. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 297–304.
<https://doi.org/10.14710/jil.18.2.297-304>
- Megasari, R., Biyatmoko, D., Ilham, W., & Hadie, J. (2012). Identifikasi Keragaman Jenis Bakteri Pada Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Dengan Lumpur Aktif Limbah Tahu. *Enviro Scienteeae*, 8, 89–101.
- Nasional, B. S. (2005). Cara uji ammonia dengan spektrofotometer secara fenat. SNI. 06-6989.30-2005. *Badan Standarisasi Nasional*, 6.
- Ningtyas, R. (2015). Pengolahan Air Limbah dengan Proses Lumpur Aktif. *Jurusan Teknik Kimia, ITB, December*, 1–11.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50857179/Pengolahan_Air_Limbah_dengan_Proses_Lumpur_Aktif-libre.pdf?1481603106=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPengolahan_Air_Limbah_dengan_Proses_Lump.pdf&Expires=1671349507&Signature=czTgXfRg64SAu
- Purwanta, W., & Susanto, J. P. (2017). Laju Produksi dan Karakterisasi Polutan Organik Lindi dari TPA Kaliwlingi, Kabupaten Brebes. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), 157. <https://doi.org/10.29122/jtl.v18i2.2036>
- Rabbani, R., Audita, M. U., & Hamida, N. (2022). Potensi Bioremediasi dengan Pemanfaatan Bakteri Indigenous dalam Menurunkan Nilai BOD-COD Limbah Air TPST Piyungan. *Kist Uin Suka*. <https://vicon.uin-suka.ac.id/index.php/KIST/article/view/1189%0Ahttps://vicon.uin->

suka.ac.id/index.php/KIST/article/download/1189/727

- Rahmawati, R., Chadijah, S., & Ilyas, A. (2013). Analisa Penurunan Kadar COD Dan BOD Limbah Cair Laboratorium Biokimia UIN Makassar Menggunakan Fly Ash (Abu Terbang) Batubara. *Al-Kimia*, 1(1), 64–75.
- Sari, F. R., Annissa, R., & Tuhuloula, A. (2013). Sistem aerasi pada pengolahan limbah CPO. *Jurnal Konversi UNLAM*, 2(1), 39–44.
- Sari, M., & Huljana, M. (2019). Analisis Bau, Warna, TDS, pH, dan Salinitas Air Sumur Gali di Tempat Pembuangan Akhir. *ALKIMIA : Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 3(1), 1–5. <https://doi.org/10.19109/alkimia.v3i1.3135>
- Sari, R. N., & Afdal, A. (2017). Karakteristik Air Lindi (Leachate) di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang. *Jurnal Fisika Unand*, 6(1), 93–99. <https://doi.org/10.25077/jfu.6.1.93-99.2017>
- Shehzadi, M., Fatima, K., Imran, A., Mirza, M. S., Khan, Q. M., & Afzal, M. (2016). Ecology of bacterial endophytes associated with wetland plants growing in textile effluent for pollutant-degradation and plant growth-promotion potentials. *Plant Biosystems*, 150(6), 1261–1270. <https://doi.org/10.1080/11263504.2015.1022238>
- SNI-6989.2. (2009). Air dan Air Limbah: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi. *Sni*, 6989.2, 1–16.
- Surg, P., Surg, H., & Surg, P. R. (2021). 殷旭峰¹ 综述, 布文博² 陈旭² 周炳荣¹ 审校. 30(3), 186–189.
- Susanto, J. P., Ganefati, S. P., Muryani, S., & Istiqomah, H. (2004). Pengolahan Lindi (Leachate) Dari TPA dengan Sistem Koagulasi-Biofilter Anaerobic. *Tek Lingk P3TL-BPPT*, 2, 167–173.
- Yahmed, A. Ben, Saidi, N., Trabelsi, I., Murano, F., Dhaifallah, T., Bousselmi, L.,

& Ghrabi, A. (2009). Microbial characterization during aerobic biological treatment of landfill leachate (Tunisia). *Desalination*, 246(1–3), 378–388.
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.04.054>

Yuniarti, D. P., Komala, R., & Aziz, S. (2019). Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan. *Redoks*, 4, 7–16.

Zammi, M., Rahmawati, A., & Nirwana, R. R. (2018). Analisis Dampak Limbah Buangan Limbah Pabrik Batik di Sungai Simbangkulon Kab. Pekalongan. *Walisongo Journal of Chemistry*, 1(1), 1.
<https://doi.org/10.21580/wjc.v2i1.2667>

Zularisam, A. W., Ismail, A. F., & Salim, R. (2006). Behaviours of natural organic matter in membrane filtration for surface water treatment - a review. *Desalination*, 194(1–3), 211–231.
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.10.030>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengukuran Sampel Awal

COD			
No	SAMPEL	NILAI ABSORBANSI	RATA-RATA
1	SAMPEL AWAL	0,078	3170
2		0,076	
3		0,072	
4		0,09	
AMONIA			
No	SAMPEL	NILAI ABSORBANSI	RATA-RATA
1	SAMPEL AWAL	0,338	3431
2		0,314	
3		0,278	
4		0,302	
5		0,274	
WARNA			
No	SAMPEL	NILAI ABSORBANSI	RATA-RATA
1	SAMPEL AWAL	0,515	1266
2		0,504	
3		0,509	
4		0,5	
5		0,503	

Lampiran 2 Hasil Pengujian COD Minggu 1

No	SAMPLE	NILAI ABSORBANSI	NILAI X C	KADAR COD	Fp	RATA - RATA
1	SLUDGE	0,086	193,5	9675	50	9550
		0,085	188,5	9425	50	
2	BAKTERI	0,07	113,5	5675	50	5675
		0,07	113,5	5675	50	
3	CONTROL AERASI	0,073	128,5	6425	50	6675
		0,075	138,5	6925	50	

Lampiran 3 Hasil Pengujian COD Minggu 2

No	SAMPLE	NILAI ABSORBANSI	NILAI X C	KADAR COD	Fp	RATA - RATA
----	--------	------------------	-----------	-----------	----	-------------

1	SLUDGE	0,058	53,5	1070	20	1020
		0,057	48,5	970	20	
2	BAKTERI	0,028	111	2775	25	2775
		0,028	111	2775	25	
3	CONTROL AERASI	0,056	43,5	870	20	1120
		0,061	68,5	1370	20	

Lampiran 4 Hasil Pengujian COD Minggu 3

No	SAMPLE	NILAI ABSORBANSI	NILAI X C	KADAR COD	Fp	RATA - RATA
1	SLUDGE	0,113	328,5	3285	10	3335
		0,115	338,5	3385	10	
2	BAKTERI	0,053	28,5	285	10	285
		0,053	28,5	285	10	
3	CONTROL AERASI	0,043	82,9	828,69	10	828,7
		0,043	82,9	828,69	10	

Lampiran 5 Hasil Pengujian Amonia Minggu 1

Sampel	Panjang gelombang	Pengenceran	Nilai X C	Kadar amonia
Sludge	0,035	1000	0,20	203,47
Bakteri	0,05	1000	0,39	389,58
Ctrl Aer	0,049	1000	0,38	377,17
Awal	0,338	1000	3,96	3962,78

Lampiran 6 Hasil Pengujian Amonia Minggu 2

Sampel	Panjang gelombang	Pengenceran	Nilai X C	Kadar amonia
Sludge	0,026	1000	0,091811	91,81141
Bakteri	0,033	1000	0,17866	178,66
Ctrl Aer	0,027	1000	0,104218	104,2184

Lampiran 7 Hasil Pengujian Amonia Minggu 3

Sampel	Panjang gelombang	Pengenceran	Nilai X C	Kadar amonia
--------	-------------------	-------------	-----------	--------------

Sludge	0,019	625	0,00	3,10
Bakteri	0,028	500	0,12	58,31
Ctrl Aer	0,021	1000	0,03	29,78

Lampiran 8 Hasil Pengujian Warna Minggu 1

No	sampel	nilai ABS	Nilai x (c)	fp	Nilai Pt-Co	Rata Rata
1	Control aerasi	0,004	13,100	50	655,000	543,889
		0,002	6,433		321,667	
		0,004	13,100		655,000	
2	Bakteri	0,001	3,100		155,000	266,111
		0,002	6,433		321,667	
		0,002	6,433		321,667	
3	Sludge	0,002	6,433		321,667	377,222
		0,002	6,433		321,667	
		0,003	9,767		488,333	

Lampiran 9 Hasil Pengujian Warna Minggu 2

No	sampel	nilai ABS	Nilai x (c)	fp	Nilai Pt-Co	Rata Rata
1	Control aerasi	0,014	46,433	25	1160,833	1049,722
		0,012	39,767		994,167	
		0,012	39,767		994,167	
2	Bakteri	0,009	29,767		744,167	799,722
		0,01	33,100		827,500	
		0,01	33,100		827,500	
3	Sludge	0,006	19,767		494,167	549,722
		0,007	23,100		577,500	
		0,007	23,100		577,500	

Lampiran 10 Hasil Pengujian Warna Minggu 3

No	sampel	nilai ABS	Nilai x (c)	fp	Nilai Pt-Co	Rata Rata
1	Control aerasi	0,014	46,433	25	1160,833	1160,833
		0,014	46,433		1160,833	
		0,014	46,433		1160,833	
2	Bakteri	0,006	19,767		494,167	494,167
		0,006	19,767		494,167	

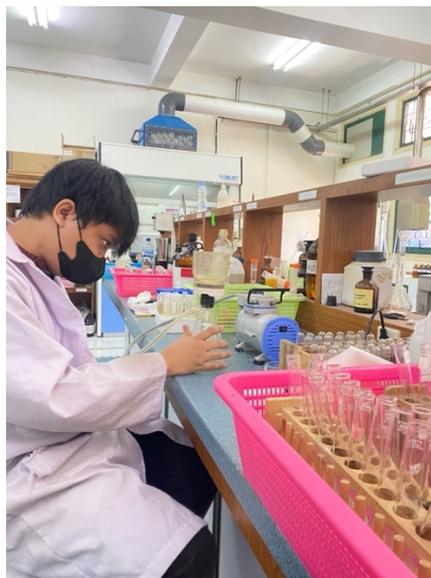
		0,006	19,767		494,167	
		0,01	33,100		827,500	
3	Sludge	0,008	26,433		660,833	688,611
		0,007	23,100		577,500	

LAMPIRAN DOKUMENTASI

Lampiran 11 Running Reaktor



Lampiran 12 Proses Penyaringan Air Lindi



Lampiran 13 Larutan COD



Lampiran 14 Pengujian menggunakan spektrofotometri



Lampiran 15 Proses penimbangan bahan



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RIWAYAT HIDUP

Laporan tugas akhir ini di tulis oleh Diana Irawati Wulandari, lahir pada tanggal 6 April 2001 di Sleman, Yogyakarta. Penulis merupakan anak kedua dari 2 bersaudara, kakak penulis Bernama Ardini Dewi Nuraini, Orangtua penulis Bernama, Bambang Priyanto dan Lilik Sumarlina. Riwayat Pendidikan penulis yaitu bersekolah di SD N Maguwoharjo 1 dari tahun 2009-2015, dilanjutkan bersekolah di SMP N 1 Kalasan dari tahun 2015-2019 dan bersekolah di SMA Muhamadiyah 2 Yogyakarta dari tahun 2015-2019. Kemudian 2019 hingga saat ini jenjang perkuliahan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Penulis pada masa kuliah di Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia menjalani Kerja Praktek (KP) di PT. PLN Unit Pelaksanaan Pelayanan Pelanggan (UP3) Yogyakarta dengan topik mengenai “Evaluasi Pelaksanaan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Di PT. PLN Unit Pelaksanaan Pelayanan Pelanggan (UP3) Yogyakarta (ULP KALASAN)”. Kerja Praktek yang dilakukan penulis ini pada bulan bulan April-Mei 2022 secara langsung (offline).