

**EFEKTIVITAS *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 DALAM  
PENYISIHAN LOGAM BERAT BESI (Fe) DAN KUALITAS  
FISIKA KIMIA PADA LINDI DI TPA GAMPONG JAWA KOTA  
BANDA ACEH**

**SKRIPSI**

**Diajukan Oleh :**

**ZAKIRUL RAHMAD  
NIM. 180702112  
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2022 M/1444 H**

**LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**

**EFEKTIVITAS *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 DALAM PENYISIHAN  
LOGAM BERAT BESI (Fe) DAN KUALITAS FISIKA KIMIA PADA  
LINDI DI TPA GAMPONG JAWA KOTA BANDA ACEH**

**SKRIPSI**

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:

**ZAKIRUL RAHMAD**

**NIM. 180702112**

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 20 Oktober 2022  
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

  
**Diannita Harahan, M.Si**  
**NIDN. 2022038701**

  
**Husnawati Yahya, M.Sc.**  
**NIDN. 2009118301**

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

  
**Husnawati Yahya, M.Sc.**  
**NIDN. 2009118301**

# TUGAS AKHIR

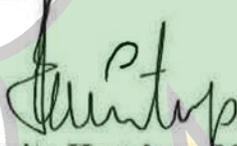
**Telah Diuji Oleh Panitia Munaqasyah Tugas Akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus  
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Serjana (S-1)  
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan**

Pada Hari/Tanggal : Jumat, 18 November 2022

23 Rabiul Akhir 1444 H

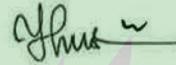
Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

**Ketua,**



Diannita Harahap. M.Si  
NIDN. 2022038701

**Sekretaris,**



Husnawati Yahya. M.Sc.  
NIDN. 2009118301

**Penguji I,**



Syafrina Sari Lubis. M.Sc.  
NIDN. 2025048003

**Penguji II,**



Juliansyah Harahap. M.Sc  
NIDN. 2031078204

**Mengetahui:**

**Dekan Fakultas Sains dan Teknologi**

**Universitas Islam Negeri Ar-Rairy Banda Aceh**



Dr. H. Muhammad Dirhansyah, M.T., IPU

NIP. 196210021988111001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zakirul Rahmad  
NIM : 180702112  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh  
Judul Skripsi : Efektivitas *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 Dalam Penyisihan Logam Berat Besi (Fe) dan Kualitas Fisika Kimia Pada Lindi TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 18 November 2022

  
Zakirul Rahmad  
034AKX179796757

## ABSTRAK

Nama : Zakirul Rahmad  
NIM : 180702112  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Efektivitas *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 dalam Penyisihan Logam Berat Besi (Fe) dan Kualitas Fisika Kimia Pada Lindi TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh  
Tanggal Sidang : 18 November 2022  
Jumlah Halaman : 70 halaman  
Pembimbing I : Diannita Harahap. M.Si  
Pembimbing II : Husnawati Yahya. M.Sc.  
Kata Kunci : *Pseudomonas aeruginosa*, Logam Fe, Lindi.

Lindi merupakan cairan yang mengandung bahan berbahaya seperti Fe, Zn, Cd yang sangat banyak diidentifikasi, jika dibuang langsung ke lingkungan dapat merusak ekosistem. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar Fe yang terdapat pada lindi yaitu dengan menggunakan metode bioremediasi. Bioremediasi adalah pemanfaatan mikroorganisme yang telah diseleksi untuk culture kembang biakan pada bahan tertentu dalam upaya mengurangi tingkat polutan. Dalam proses bioremediasi mikroba yang digunakan sebagai penurunan serta mendegradasi pencemaran yaitu bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas bakteri *P.aeruginosa* dalam meremediasi logam besi (Fe) dan karakteristik seperti COD, TSS dan pH sebelum dan sesudah pemakaian bakteri *P.aeruginosa*. Penelitian ini menggunakan Konsentrasi  $10^8 CFU/ml$  dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 pada saat proses degradasi. Penurunan Fe tertinggi terjadi pada waktu 30 jam dengan kadar awal 7,2 mg/L menjadi 4,450 mg/L. Penurunan COD tertinggi terjadi pada waktu 30 jam dengan kadar awal 1.432 mg/L menjadi 1.301 mg/L. Penurunan TSS tertinggi terjadi pada waktu 30 jam dengan kadar awal 223 mg/L menjadi 213 mg/L dan penurunan pH tertinggi pada 30 jam dengan kadar awal 9,6 mg/L menjadi 8,1 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa bioremediasi menggunakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* efisien digunakan dalam penurunan kadar logam besi (Fe) dan pH yang terdapat pada lindi.

## ABSTRACT

Name : Zakirul Rahmad  
NIM : 180702112  
Study Program : Environmental Engineering  
Title : The Effectiveness of *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 in Removal of Heavy Metal Iron (Fe) and Physical and Chemical Quality in Leachate Landfill in Gampong Jawa, Banda Aceh City  
Keywords : *Pseudomonas aeruginosa*, Metal Iron (Fe), Leachate.

Leachate contains a liquid containing hazardous materials such as Fe, Zn, Cd which is very much identified, so that if it is discharged directly into the environment it can damage the environmental ecosystem. One method that can be used to reduce (Fe) levels in leachate is to use the bioremediation method. Bioremediation is the use of microorganisms that have been selected to be grown on certain materials in an effort to reduce pollutant levels. In the bioremediation process, the microbes used to reduce and degrade pollution are *Pseudomonas aeruginosa* bacteria. The purpose of this study was to determine the effectiveness of *P. aeruginosa* bacteria in remediating ferrous metal (Fe) and characteristics such as COD, TSS and pH before and after the use of *P. aeruginosa* bacteria. This study used a concentration of  $10^8 CFU/ml$  with contact times of 10, 20, and 30 during the degradation process. The highest Fe decrease occurred at 30 hours with an initial level of 7.2 mg/L to 4,450 mg/L. The highest COD decrease occurred at 30 hours with an initial level of 1.432 mg/L to 1.301 mg/L. The highest decrease in TSS occurred at 30 hours with an initial level of 223 mg/L to 213 mg/L and the highest decrease in pH occurred at 30 hours with an initial level of 9.6 mg/L to 8.1 mg/L. This shows that bioremediation using *Pseudomonas aeruginosa* bacteria is effective and efficient in reducing iron (Fe) and pH levels in leachate.

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur kepada Allah SWT atas berkat rahmat, hidayah dan karunianya-Nya. *Alhamdulillah* atas hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Efektivitas *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 dalam Penyisihan Logam Berat Besi (Fe) Dan Kualitas Fisika Kimia Pada Lindi TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh”** yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Serjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan , Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan selesai bila tidak ada dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sangat tulus dan ikhlas kepada :

1. Teristimewa Orang tua penulis, Ayah Abdul Ghanni dan Ibu Kamariah atas ketulusan kasih sayangnya, sehingga memberikan bantuan dalam membentuk material dan doa untuk kesuksesan anaknya dalam menyelesaikan kuliah.
2. Dr.Ir. M. Dirhamsyah, M.T., IPU selaku Dekan Fakultas Sains dan teknologi.
3. Husnawati Yahya, M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan dan selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk membimbing saya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Aulia Rohendi,S.T.,M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan.
5. M. Faisi Ikhwal, M.Eng. Selaku Pembimbing Akademik.
6. Diannita Harahap, M.Si, selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan untuk mengarah dan membimbing penulis serta memberikan ilmu, saran dan solusi pada setiap permasalahan penulisan proposal tugas akhir ini.
7. Hadi Kurniawan, M.Si, selaku kepala Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry.
8. Arief Rahman, M.T, selaku kepala Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry

9. Seluruh Dosen Prodi Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry yang telah berkenan memberikan ilmu dan pengetahuan selama perkuliahan.
10. Para seluruh karyawan/staff di fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry yang telah memberi informasi selama masa perkuliahan.
11. Rizky Tinambunan, S.kom, Ella Oktavia Silvani, S.Psi, Sharfina Hidayati, S.Kep, Melinda Dinda Sari, A.Md. Pjk, yang telah membantu dan memberi semangat kepada penulis.
12. Ira Maghfirah, S.T, Nadia Shahira, Agus Munandar, Mutia Zuhra, S.T, Muhammad Saifan Alif, Rasi Agusna, Afrilia Andreas, Delvi Febrilla Tiska, S.T, Rahma Nurul aini, Riska Rahmayani, Mira Ulfa, S.T, A'yuna Yasrah, S.T, Ulfa Kinanti, Helmi Yahya, Irfan Akbar, S.T, Rima Yusfarizal, S.T, Nurrohma, S.Sos, Nazratul Husna Abasyar, yang telah membantu dan dukungan selama pengerjaan tugas akhir dan teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua orang. Penulis menyadari bahwa tugas air ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan, oleh sebab itu saran dan kritikan sangat bermanfaat untuk menyempurnakan tugas akhir ini. Sekian kata saya ucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 18 November 2022  
Penulis,

جامعة الرانيري  
A R - R A N I R Y

**Zakirul Rahmad**  
NIM. 180702112

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK. ....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian .....	5
1.5. Batasan Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1. Lindi.....	6
2.2. Karakteristik Lindi.....	7
2.2.1. <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) .....	7
2.2.2. <i>Power of Hidrogen</i> (pH).....	7
2.2.3. <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	8
2.3. Bioremediasi .....	8
2.4. Logam Berat Besi (Fe).....	8
2.4.1. Dampak Logam Berat (Fe) Terhadap Ekosistem Perairan .....	9
2.4.2. Dampak Logam Berat Besi (Fe) dalam Air Terhadap Kesehatan .....	9
2.4.3. Dampak Logam Berat Besi (Fe) Terhadap Lingkungan.....	10

2.5. Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1. Tahapan Penelitian .....	14
3.2. Waktu dan Tempat .....	15
3.3. Pengambilan Sampel .....	16
3.3.1. Lokasi Pengambilan Sampel dan Penelitian .....	16
3.3.2. Teknik Pengambilan Sampel. ....	16
3.4. Eksperimen .....	17
3.4.1. Bahan dan Alat .....	17
3.4.2. Prosedur Eksperimen.....	17
3.5. Analisis Data .....	20
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>22</b>
4.1. Hasil Umum .....	22
4.1.1. Hasil Uji Parameter Fe Setelah Perlakuan <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	22
4.1.2. Hasil Uji Parameter COD Perlakuan <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	24
4.1.3. Hasil Uji Parameter TSS Perlakuan <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	25
4.1.4. Hasil Uji Parameter pH Perlakuan <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	26
4.2. Pembahasan .....	28
4.2.1. Peremajaan <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	28
4.2.2. Pengaruh <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Terhadap Perubahan Nilai Fe ...	30
4.2.3. Pengaruh <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Terhadap Perubahan Nilai COD	33
4.2.4. Pengaruh <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Terhadap Perubahan Nilai TSS.	34
4.2.5. Pengaruh <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Terhadap Penetralan Nilai pH...	35
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1. Kesimpulan .....</b>	<b>36</b>
<b>5.2. Saran .....</b>	<b>36</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>42</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kurva Pertumbuhan <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	13
Gambar 3.1. Diagram Alir Tahap Penelitian .....	14
Gambar 3.2. Lokasi Penelitian .....	16
Gambar 3.3. Pengambilan Sampel .....	18
Gambar 3.4. Uji Degradasi Sampel dengan P.a dan Kontrol.....	19
Gambar 4.1. Grafik Perlakuan P.a dan Kontrol Terhadap Penurunan Logam Fe...	23
Gambar 4.2. Grafik Perlakuan P.a dan Kontrol Terhadap Penurunan COD .....	25
Gambar 4.3. Grafik Perlakuan P.a dan Kontrol Terhadap Penurunan TSS .....	26
Gambar 4.4. Grafik Perlakuan P.a dan Kontrol Terhadap Penurunan pH .....	28
Gambar 4.5. Peremajaan Isolat <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	30
Gambar 4.6. Mekanisme dinding sel bakteri mengikat logam.....	32



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian .....	15
Tabel 4.1. Hasil Uji Parameter Fe setelah Perlakuan dan Kontrol .....	23
Tabel 4.2. Hasil Uji Parameter COD setelah Perlakuan dan Kontrol .....	24
Tabel 4.3. Hasil Uji Parameter TSS Setelah Perlakuan dan Kontrol .....	25
Tabel 4.4. Hasil Uji Parameter pH Setelah Perlakuan dan Kontrol .....	27



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Baku Mutu .....	42
Lampiran 2 Hasil Data Penelitian .....	45
Lampiran 3 Analisis Data.....	46
Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian .....	52



## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian petama kali pada halaman
AAS	: <i>Atornic absorption spectrophotometer</i>	17
ATCC	: <i>American type culture collection</i>	17
CFU/mL	: <i>Colony forming unit/ mililiter</i>	22
COD	: <i>Chemical oxygen demand</i>	2
Mg/L	: <i>Miligram /liter</i>	3
NA	: <i>Natrium agar</i>	18
P.a	: <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	23
PerMenLH	: <i>Peraturan menteri lingkungan hidup</i>	1
pH	: <i>Power of Hidrogen</i>	2
TPA	: <i>Tempat pemrosesan akhir</i>	1
TSS	: <i>Total suspended solid/</i>	2
LAMBANG	Nama	Pemakaian petama kali pada halaman
Fe	: <i>Besi</i>	2
$K_2CR_2O_7$	: <i>Potasium dichormate</i>	17
$H_2SO_4$	: <i>Sulfurid acid</i>	17

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pertumbuhan penduduk dan peningkatan kondisi masyarakat merupakan salah satu besarnya volume sampah perkotaan pada saat ini yang di hadapi. Sampah bukan hanya masalah skala regional dan nasional tetapi sudah menjadi skala internasional. Dengan tidak adanya melakukan pengolahan akan menjadikan dampak pencemaran lingkungan (Apriyani dkk, 2019).

Sampah yang berasal dari pemukiman, perdagangan, perkotaan, pasar, rumah sakit ataupun industri rumah tangga yang langsung dibuang ke tempat pembuangan akhir dapat menimbulkan berbagai permasalahan dan persoalan jika pengolahannya kurang baik dan menghasilkan limbah penyebab pencemaran lingkungan (Sukrorini dkk, 2017). Limbah tersebut merupakan sisa buangan yang kehadirannya pada tempat tertentu dapat membahayakan lingkungan sekitarnya. Pada tingkat bahaya sampai keracunan yang disebabkan oleh suatu limbah yaitu tergantung pada limbah dan karakteristik baik dalam waktu jangka pendek tidak memberikan pengaruh, tetapi jika dalam waktu yang panjang akan berdampak cukup fatal bagi lingkungan dan merusak lingkungan (Kusumawati, 2016).

Pencemaran lingkungan merupakan tercampurnya makhluk hidup, energi, zat serta komponen lainnya ke lingkungan oleh aktivitas manusia yang melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah di tetapkan Undang – Undang RI No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Dalam penegakan hukum pidana yang menindak pelanggaran ketentuan undang-undang pengelolaan dan perlindungan lingkungan hidup memang bukanlah satu-satunya sarana penegakan hukum lingkungan, sanksi pidana yang diatur pada UU No. 32 tahun 2009 tentang UUPPLH masih ada sanksi lain bagi individu maupun korporasi yang melakukan pelanggaran dalam perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup (Sukrorini, 2017).

Pada proses penimbunan sampah yang dilakukan secara terus menerus di suatu daerah tempat pembuangan akhir sampah akan menghasilkan lindi. Lindi atau *leachate* merupakan cairan yang mengandung zat terlarut dan tersuspensi yang sangat halus sebagai hasil penguraian sampah oleh mikroba. Kandungan pada air lindi yang mengandung bahan berbahaya seperti logam Fe, Zn, Pb sangat banyak diidentifikasi (Iskandarsyah, 2017). Logam berat dibagi menjadi dua jenis yaitu logam berat esensial yang merupakan logam dalam jumlah tertentu dibutuhkan oleh organisme, namun jika berlebihan akan menimbulkan efek racun contohnya Zn, Cu, Fe, Co, dan lain-lain. Logam berat tidak esensial merupakan logam yang keberadaannya belum dapat diketahui fungsi dan manfaatnya, sehingga menghasilkan racun, seperti logam Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain yang berasal dari kegiatan industri dan mencemari lingkungan (Ali, 2018).

Hasil penelitian sebelumnya konsentrasi logam dengan analisa yang dilakukan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) menghasilkan berat besi (Fe) merupakan logam yang paling tertinggi yang diidentifikasi pada air limbah lindi TPA Gampong Jawa kota Banda Aceh, yang mencapai 10,9191 mg/L. Pada logam lain yang termasuk logam esensial seperti logam seng (Zn) sebesar 0,4188 mg/L, logam Timbal (Pb) sebesar 0,0602 mg/L, serta logam Colbalt (Co) sebesar 0,1698 mg/L. Sedangkan untuk logam non esensial yang ditemukan yang di atas standar yaitu logam Merkuri (Hg) sebesar 0,00463 mg/L, logam Timbal (Pb) sebesar 0,0602 mg/L, dan logam Kromium (Cr) sebesar 0,0502 mg/L (Irhamni dkk, 2017).

Pada hasil observasi awal atau pengujian awal pada lindi TPA Gampong Jawa yang di uji logam besi (Fe), COD, TSS dan pH pada Laboratorium Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala pada tanggal 17 Februari 2022 yaitu sebagai berikut. Nilai logam besi (Fe) sebesar 7,2 mg/L, nilai COD 1.432 mg/L, nilai TSS 223 mg/L, dan nilai pH 9,6.

Logam besi (Fe) merupakan unsur yang sangat banyak diidentifikasi di bumi. Logam besi banyak digunakan dalam berbagai kegiatan seperti pertambangan, industri baik kimia maupun tekstil. Tingkat pencemaran yang dihasilkan jika jumlah yang sudah banyak akan menimbulkan gangguan pencemaran lingkungan seperti

ekosistem perairan, kesehatan manusia dan pencemaran tanah disekitar lindi tersebut (Widowati, 2015).

Beberapa cara telah dilakukan untuk mengurangi kandungan logam berat seperti besi (Fe) pada lindi, salah satunya dengan bioremediasi. Bioremediasi adalah sebuah proses penguraian limbah organik maupun anorganik polutan dengan cara biologi dalam kondisi terkendali serta tujuannya mengontrol dan mereduksi bahan pencemar dari lingkungan. Bioremediasi menggunakan organisme hidup, terutama mikroorganisme, yang berfungsi untuk mendegradasi serta mengurangi kontaminan lingkungan (Iskandarsyah dkk, 2017). Teknik bioremediasi terbagi dalam dua, yaitu *in situ* atau *on-site* yang dapat dilakukan langsung indentifikasi tanah tercemar dan *ex situ* atau *off-site* yaitu tanah tercemar digali dan dipindahkan kedalam suatu penampung yang lebih terkontrol (Vidali, 2013).

Dalam proses bioremediasi, ada beberapa mikroba yang biasa digunakan untuk menurunkan serta mendegradasi pencemaran pada lingkungan yaitu seperti *Pseudomonas*, *Accharomyces*, *Aspergillus*, *Bacillus*, *Citrobacter*, dan *Plectomena*. Dari beberapa mikroorganisme yang dapat mendegradasi pencemaran lingkungan ada beberapa yang mudah dijumpai di sekitar seperti bakteri *Pseudomonas*. Genus *Pseudomonas* tersebar di sekitar lingkungan, terutama pada lingkungan yang terkontaminasi atau tercemar polutan. Kemampuan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam menurunkan logam dapat disebabkan karena bakteri memiliki permukaan sel yang bermuatan negatif karena bakteri memiliki permukaan negatif karena terbentuk dari berbagai struktur anion, sedangkan logam berat adalah ion bermuatan positif sehingga terjadi ikatan antara permukaan sel bakteri dan ion logam berat, selain itu mikroorganisme dapat melakukan proses reduksi logam berat sehingga dapat membentuk kompleks ion logam berat yang tidak toksik.

Kelompok bakteri tersebut memiliki keunggulan dalam proses penguraian, sehingga mampu digunakan dalam bioremediasi. (Maulana & Mursiti, 2017). Pada isolat *P.aeruginosa* sudah banyak dilakukan uji biokimia salah satunya pada penelitian Astuti (2016), yang menyatakan kelebihan serta keunggulan bakteri

tersebut dalam mengurai logam berat pada lindi, salah satunya menurunkan kandungan timbal pada limbah cair laboratorium kimia analitik yaitu sebesar 99%.

Bakteri *P.aeruginosa* dapat membantu dalam proses penghilangan logam berat dari limbah serta dari tanah. *P.aeruginosa* juga sangat berbahaya dikesehatan manusia, tetapi jika dimanfaatkan dengan baik dalam proses juga bermanfaat untuk kehidupan bermasyarakat. Berdasarkan uraian diatas maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian menggunakan bakteri *P.aeruginosa*. Penelitian ini berjudul “Efektifitas *Pseudomonas.aeruginosa* PAO1 dalam penyisihan logam berat besi (Fe) dan Kualitas Fisika Kimia Pada Lindi TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh”.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana efektivitas bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam mengurangi kandungan logam berat besi (Fe) pada lindi TPA Gampong Jawa ?
2. Bagaimana efektivitas karakteristik seperti COD, TSS dan pH pada lindi TPA Gampong Jawa kota Banda Aceh sebelum dan sesudah pemakaian bakteri *Pseudomonas aeruginosa* ?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui efektivitas bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam bioremediasi logam besi (Fe) pada lindi TPA Gampong Jawa
2. Mengetahui efektivitas karakteristik seperti COD, TSS dan pH sebelum dan sesudah pemakaian bakteri *Pseudomonas aeruginosa*.

### 1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

- 1 Bagi peneliti, sebagai tambahan pengetahuan dan keterampilan yang menyeluruh terkait bioremediasi logam dalam limbah dengan menggunakan

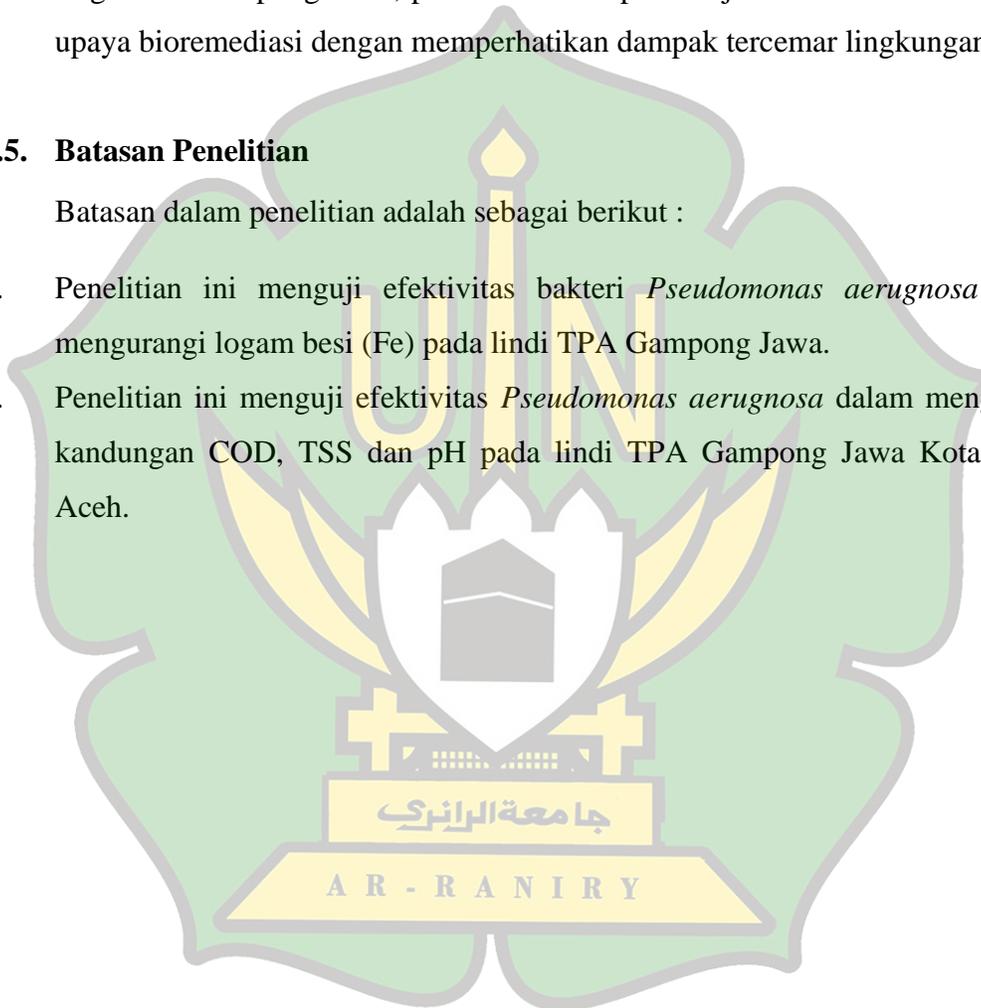
bakteri, serta sebagai menjadi syarat untuk mendapatkan gelar Serjana Teknik Lingkungan.

- 2 Bagi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, sebagai langkah perwujudan misi Universitas dalam mengembangkan tradisi riset multidisiplin dan integretif dengan memperhatikan syariat islam.
- 3 Bagi TPA Gampong Jawa, penelitian ini dapat menjadikan rekomendasi dalam upaya bioremediasi dengan memperhatikan dampak tercemar lingkungan.

### 1.5. Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini menguji efektivitas bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam mengurangi logam besi (Fe) pada lindi TPA Gampong Jawa.
2. Penelitian ini menguji efektivitas *Pseudomonas aeruginosa* dalam mengurangi kandungan COD, TSS dan pH pada lindi TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Lindi**

Lindi merupakan cairan yang merembes melalui tumpukan sampah dengan membawa bahan terlarut atau tersuspensi, terutama hasil proses penguraian bahan limbah atau akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan limbah yang kemudian membilas dan melarutkan materi yang ada dalam timbunan tersebut (Koestomo, 2011). Lindi dapat meresap ke dalam tanah sehingga menyebabkan pencemaran tanah dikarenakan air lindi mempunyai senyawa kimia anorganik dan organik jumlah pathogen (Sari & Afdal, 2017). Lindi memiliki kandungan bahan – bahan organik yang sudah membusuk serta bahan – bahan logam berat (Cr, Hg, Cu, Fe, Pb, Mn, Cl, dan Zl) yang terdapat di dalam lindi yang dialirkan ke kolam penampung (Irhamni dkk, 2017).

Kualitas lindi mencapai puncaknya setelah 2 hingga 3 tahun kemudian mengetahui proses penurunan kualitas bertahap di tahun-tahun berikutnya. Secara umum, lindi pada kolam TPA yang baru memiliki persentase BOD dan COD yang tinggi dan akan mengalami penurunan secara bertahap selama 10 tahun. konsentrasi BOD dan COD lindi menurun dengan bertambahnya usia TPA. Secara kualitas, kekuatan lindi berkurang seiring waktu karena degradasi biologis komponen organik dan Pengendapan elemen larut seperti logam berat (Iskandarsyah, 2017).

Sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 59 Tahun 2016 tentang Standar kualitas lindi, ukuran tingkat dan/atau jumlah pencemar kontaminan yang dapat ditoleransi dalam lindi untuk dibuang ke sumber air dari kegiatan pengolahan dari TPA. Standar kualitas ini Referensi dalam menetapkan standar kualitas lindi yang lebih baik, pejabat Pemberi izin lingkungan dalam penerbitan izin dan Penjamin bertanggung jawab atas kegiatan komersial dan TPA dalam perencanaan pengolahan lindi dan Menyiapkan dokumen lingkungan. Kriteria dalam baku mutu lindi pH, BOD, COD dan TSS dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Baku Mutu Lindi

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu*	PerMenLH
	(1)	(2)	(3)	(4)
1.	Fe	mg/L	5,0	No 05 Tahun 2014
2.	pH	-	6-9	No 59 Tahun 2016
3.	COD	mg/L	300	No 59 Tahun 2016
4.	TSS	mg/L	100	No 59 Tahun 2016

Sumber : \*PerMenLH No. 05 Tahun 2014 dan \*PerMenLH No 59 No. 2016

## 2.2. Karakteristik Lindi

Menentukan karakteristik pada setiap TPA sangat berbeda tergantung dari jenis sampah yang tertimbun, pH, jenis tanah penutup *landfill*, serta kelembapan. Tumpukan sampah di TPA Gampong Jawa berasal dari berbagai jenis sampah yang ada di Kota Banda Aceh. Jenis sampah yang paling umum adalah sisa makanan, terhitung 34% dari semua jenis sampah. Pengolahan lindi berfokus pada pengurangan kandungan bahan organik yang dapat dilihat dari parameter pH, bio-oksigen, dan oksigen. Nilai BOD dan COD sangat penting untuk menentukan jenis perlakuan yang akan digunakan (Anisa dkk, 2019).

### 2.2.1. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang di perlukan untuk penguraian bahan organik yang ada di dalam air (Samantha dkk, 2019). COD menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik yang terkandung dalam efluen. Semakin tinggi COD maka semakin tinggi pula tingkat pencemaran air limbah (Anisa dkk, 2019).

### 2.2.2. Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatukan tingkat keasaman dan kebasaan dalam suatu larutan (Filiziati, 2013). Secara umum nilai pH lindi di atas 7 tergolong basa. Nilai pH asam atau basa lindi tergantung pada karakteristik limbah penyusun lindi (Anisa dkk, 2019).

### 2.2.3. Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan bahan-bahan yang tersuspensi berukuran (diameter  $>1 \mu\text{m}$ ) yang bertahan pada saringan milipore dengan (diameter pori  $0,45 \mu\text{m}$ ). Total Suspended Solid (TSS) terdiri dari lumpur dan pasir halus (Jijayah, 2017). Nilai TDS tertinggi berdasarkan baku mutu lindi yang ditetapkan Peraturan menteri Lingkungan Hidup No.59 tahun 2016 adalah  $100 \text{ mg/l}$  (Anisa dkk., 2019).

### 2.3. Bioremediasi

Bioremediasi merupakan pemanfaatan mikroorganisme yang telah diseleksi untuk ditumbuhkan pada bahan pencemar tertentu dalam upaya mengurangi tingkat polutan. Mikroorganisme yang diuji dan mampu melakukan remediasi logam berat, antara lain: bakteri (*Bacillus sp*, *Pseudomonas sp*, dan *Escherichia coli*), jamur (*Penicillium chrysogenum*, *Rhizopus stolonifer* dan *Aspergillus oryzae*) dan ragi, (*Saccharomyces cerevisiae*) (Agriani, 2020). Biodegradasi oleh mikroorganisme adalah salah satu cara terbaik, efektif dan hampir tidak berpengaruh berpihak pada lingkungan karena tidak menghasilkan racun atau *blooming*.

Proses bioremediasi terdapat dua cara, yaitu metode Fisika kimia dan metode biologi. Metode Fisika termasuk penggunaan *booms*, *skimmers*, mencuci memotong vegetasi dan pembakaran, sedangkan metode kimia termasuk penerapan *dispersants*, *demulsifiers*, *surface film chemicals* dan *cleaner*. Sedangkan metode biologi adalah suatu metode modern dimana dilakukan dengan kemampuan alami suatu mikroorganisme atau bakteri digunakan untuk mengurangi konsentrasi atau racun dari berbagai bahan-bahan kimia yang ada pada limbah seperti bahan kimia, pelarut industri, pestisida dan logam (Farida, 2016).

### 2.4. Logam Berat Besi (Fe)

Besi (Fe) merupakan unsur kima yang bersimbol Fe, meupakan unsur yang paling banyak sering dijumpai dibumi. Besi dijumpai dalam bentuk kation ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), dan ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Dalam perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar

oksigen terlarut yang cukup, ion ferro bersifat mudah terlarut dan dioksidasi menjadi ion ferri. Oksidasi yang terlarut melepaskan elektron, tetapi kebalikannya pada reduksi ion ferri menjadi ferro menjadi penangkapan elektron (Rahmawati, 2013).

Logam besi adalah metal berwarna putih keperakan. Besi sangat penting sebagai komponen pigmen sitokrom pada respirasi seluler dan sebagai konsentration tinggi yang mencemari lingkungan dan dapat menimbulkan bahaya bagi lingkungan dan organisme. Keberadaan besi pada kerak bumi menempati posisi keempat terbesar (Farida, 2016).

#### **2.4.1. Dampak Logam Berat Besi (Fe) Terhadap Ekosistem Perairan**

Dampak pencemaran logam berat yang diakibatkan logam berat seperti logam besi (Fe) dapat berdampak buruk terhadap bagi manusia serta biota laut yang ada diperairan tersebut. Pencemaran logam berat sering terjadi di daerah wilayah pesisir maupun di daerah-daerah pulau kecil yang padat penduduk akibat limbah manusia. Pencemaran yang di akibatkan oleh logam berat yang terjadi di wilayah pesisir dan laut merupakan permasalahan serius yang harus di selesaikan (Sasongko dkk, 2020)

#### **2.4.2. Dampak Logam Berat Besi (Fe) dalam air terhadap kesehatan**

Pada unsur besi merupakan unsur yang sangat dibutuhkan tubuh untuk metabolisme. Kadar besi yang terdapat pada manusia umumnya sebesar 3-5 g. Dengan sebanyak 2/3 bagian terikat oleh homeglobin, 10% terikat oleh miogloblin dan enzim yang mengandung fedan sisanya teriat oleh protein feritrin yang mengandung fedan lalu sisanya terikat oleh protein feritrin dan hemosiderin (Rahmawati, 2013).

Tubuh sangat membutuhkan unsur besi, namun jika konsentrasinya melebihi yang dibutuhkan tubuh, maka akan menimbulkan gangguan kesehatan. Konsumsi Fe yang berlebihan dalam tubuh dapat menyebabkan kegagalan dalam metabolisme zat besi atau yang disebut dengan *hemocromatosis*. *Hemocromatosis* terjadi karena peningkatan feritin dan hemosiderin dalam sel parenkim hati. Peningkatan hemosiderin akan masuk ke parenkim organ lain seperti pankreas, otot jantung dan

ginjal, sehingga dalam jangka panjang dapat mengendapkan dan merusak fungsi organ tersebut (Rahmawati, 2013).

#### **2.4.3. Dampak Logam Berat Besi (Fe) Terhadap Lingkungan**

Dampak logam berat Fe di lingkungan adalah kerusakan lingkungan akibat korosi. Korosi atau yang biasa disebut dengan oksidasi, adalah suatu peristiwa dimana terjadi kerusakan atau penurunan kualitas suatu bahan logam karena adanya reaksi dengan lingkungan. Proses korosi logam dilakukan secara elektrokimia dan terjadi secara bersamaan di daerah anoda dan katoda yang membentuk rangkaian arus listrik tertutup (Anggraeni & Triajie, 2021).

#### **2.5. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa***

*Pseudomonas aeruginosa* adalah bakteri yang mampu menggunakan lebih dari 75 senyawa organik yang berbeda sebagai sumber karbon dan energi, serta mudah tumbuh dalam berbagai media kultur karena kebutuhan nutrisinya sangat sederhana. Bakteri ini dapat beradaptasi dan berkembang biak di tanah, air sungai, air laut, air limbah, dan lain-lain. Tumbuh optimal pada suhu 37°C dan pada media PH antara 6,0 - 9,0 (Danela dkk, 2019).

Ciri-ciri bakteri *Pseudomonas aeruginosa* adalah batang Gram-negatif, aktif bergerak dengan flagela di ujung sel, berukuran sekitar 0,12 µm, terlihat sebagai bakteri tunggal, berpasangan, kadang-kadang membentuk rantai pendek, umumnya koloni memiliki permukaan yang rata, hijau-kebiruan, dan berbau seperti buah anggur. Sedangkan ada juga yang percaya bahwa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* adalah batang lurus atau melengkung, tidak bersporulasi, tidak berkapsul, obligat udara dan oksidase positif (Astuti, 2016).

*Pseudomonas aeruginosa* banyak ditemukan di usus pasien pada penyakit diare atau enteritis akut. Bakteri ini sering ditemukan pada penderita *gastroenteritis*, sehingga bakteri ini tergolong patogen usus. Bakteri ini akan terus dikeluarkan melalui feses selama 6 hari setelah makan makanan yang mengandung bakteri tersebut. *Pseudomonas aeruginosa* memiliki sifat patogen usus dan bakteri ini dapat

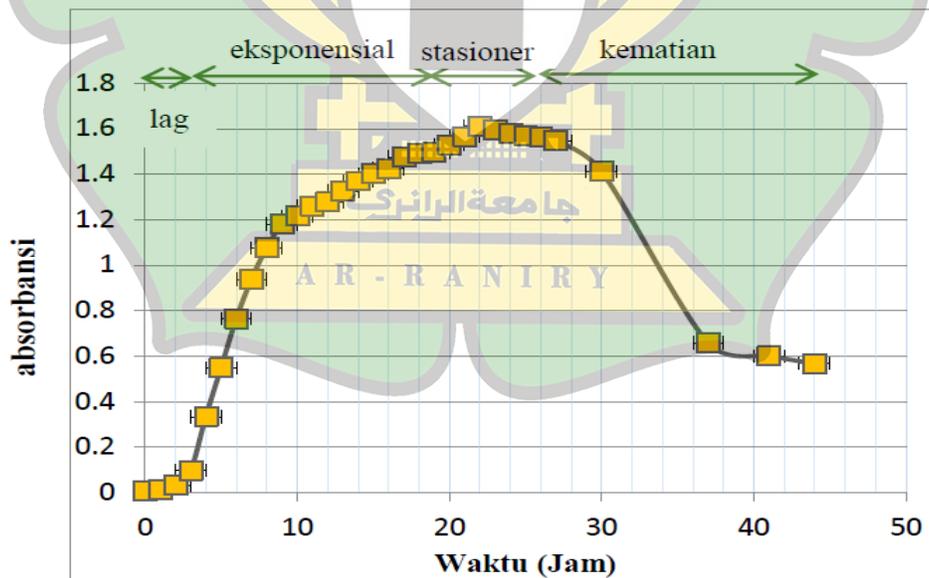
menghasilkan dua jenis enterotoksin, yaitu tahan panas dan tahan panas. Makanan yang mungkin terkontaminasi bakteri *P.aeruginosa*, seperti salad dan bahan pembuat salad seperti tomat, seledri, wortel, kol, mentimun, dan bawang, juga ada dalam susu (Astuti, 2016).

Bakteri ini berfungsi untuk menghilangkan atau mengekstrak logam yang ada dilingkungan seperti tanah, air dan sedimen yang terkontaminasi logam berat melalui mekanisme perubahan sifat kimia dari struktur pembentuk senyawa sebagai bioakumulasi, biotransformasi dan bioremediasi. Sehingga melalui mekanisme ini bakteri dapat menurunkan atau menghilangkan sifat toksik pencemar (Astuti, 2016).

Dinding sel bakteri adalah lokasi untuk senyawa kimia yang mampu menyerap logam berat secara pasif. *Pseudomonas aeruginosa* merupakan mikroba yang mampu tumbuh dalam media tercemar logam berat mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat dalam dinding selnya. Bakteri gram negatif umumnya lebih toleran karena struktur dinding selnya yang kompleks dimana dapat mengikat sebagian besar ion logam (Junopia, 2015).

Bioremoval logam berat dilakukan oleh mikroorganisme dengan membentuk ikatan antara sel dengan logam berat, baik secara absorpsi maupun absorpsi akompleksasi sehingga ion logam tersebut dapat pada permukaan sel atau terakumulasi di dalam sel. Selain pada proses bioremoval, mikroorganisme juga melakukan proses reduksi pada logam berat sehingga terbentuk kompleks ion logam berat tidak toksik. Dalam kemampuan bakteri menurunkan konsentrasi logam berat di lingkungan tumbuhnya disebabkan karena kemampuan bakteri dalam mengakumulasi logam berat tersebut. Bakteri mempunyai permukaan sel yang bermuatan negatif karena terbentuk dari berbagai struktur anion sedangkan logam berat merupakan ion bermuatan positif sehingga dapat terjadi intraksi ikatan antara permukaan sel bakteri dan ion berat. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dapat mengakumulasi logam berat di dalam sel dengan membentuk ikatan antara logam berat besi dengan suatu protein dalam sel yang disebut metalotionein (Astuti, 2016).

Kurva pertumbuhan *Pseudomonas aeruginosa* mengalami 4 fase eksponensial dengan jam tertentu. Yaitu fase *lag* (adaptasi) pada jam ke 0-3, fase ini bertujuan untuk mengetahui fase pertumbuhan bakteri. Fase *eksponensial* ditandai dengan warnanya sangat keruh dan berbau. Pada fase ini mikroba akan memperbanyak diri dengan cara membelah diri menjadi dua, kemudian masing-masing membelah dua lagi sehingga akan bertambah dua kali lipat, fase ini berada pada jam ke 3-19, fase stasioner terjadi pada jam ke 19-27, pada fase ini kekeruhan media tidak berubah sama dengan jumlah sel yang mati karena cadangan makanan mulai menipis. Fase terakhir yaitu fase kematian pada jam 27-44, pada fase ini merupakan fase yang membuat bakteri tidak mampu mempertahankan hidupnya lagi yang bisa disebabkan oleh persediaan dan cadangan nutrisi tumbuh telah habis sehingga bakteri tidak mampu lagi untuk hidup. Dalam pemilihan waktu yang dilakukan akhir fase eksponensial hingga masuk fase stasioner dikarenakan pada fase tersebut sel bakteri berada pada jumlah yang sangat besar dan metabolit sekunder mulai diproduksi, maka dengan itu pertumbuhan *P.aeruginosa* dapat melakukan remediasi pada jam ke 20 yang efektif (Antika, 2019).



**Gambar 2.1.** Kurva Pertumbuhan *Pseudomonas aeruginosa*

Sumber : Antika, 2019

## BAB III

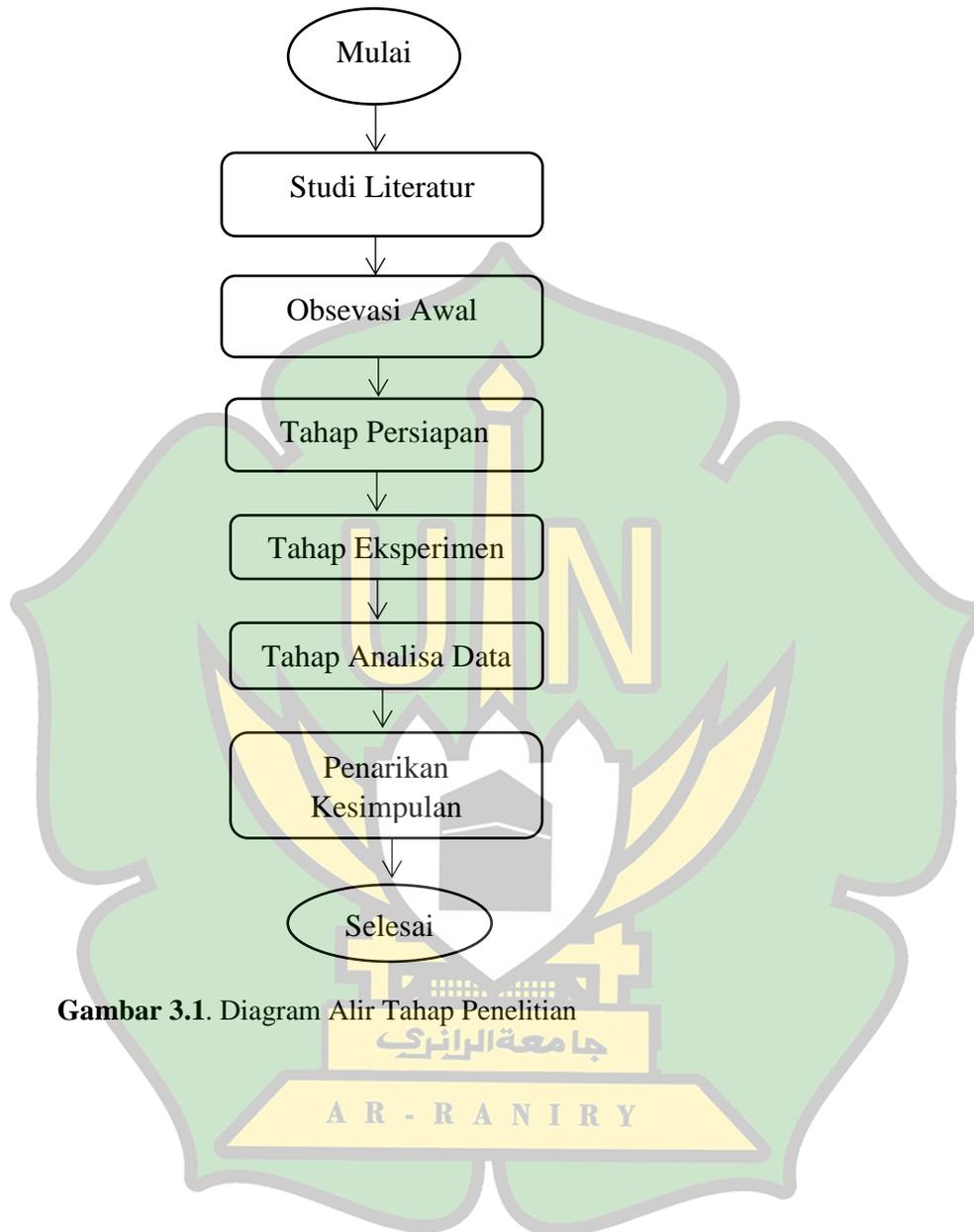
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tahapan Penelitian

Tahapan umum pada penelitian ini dibagi ke dalam beberapa tahapan diantaranya adalah :

1. Studi literatur, merupakan studi yang dilakukan untuk mengetahui informasi awal dan mengumpulkan data terkait dengan penelitian baik dari buku, jurnal, maupun skripsi yang terdahulu yang telah melakukan penelitian.
2. Observasi awal, merupakan tahapan pertama untuk mengetahui kondisi parameter Fe pada lindi, sehingga bisa diketahui penurunan kadar Fe yang sesuai.
3. Tahap persiapan, merupakan tahap persiapan alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian dengan tujuan agar waktu dan pekerjaan yang dilakukan bisa efektif dan efisien.
4. Tahap eksperimen merupakan tahap untuk mengetahui pengaruh *Pseudomonas aeruginosa* dalam menurunkan kadar logam besi (Fe) serta membandingkan karakteristik lindi sebelum dan sesudah penggunaan bakteri *P.aeruginosa*.
5. Tahap analisis data, tahap ini dilakukan jika sampel air lindi yang telah diuji dengan *Pseudomonas aeruginosa* dan parameternya sehingga menjadi informasi dan bisa dipergunakan untuk menarik kesimpulan.
6. Tahap penarikan kesimpulan, yaitu menjawab beberapa persen efisien bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam menurunkan kadar logam besi (Fe) pada air lindi serta bagaimana karakteristik air lindi sebelum dan sesudah penggunaan bakteri *P. aeruginosa*.

### 3.1.1. Tahapan Dalam Penelitian



**Gambar 3.1.** Diagram Alir Tahap Penelitian

### 3.2. Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilakukan pada Laboratorium Multifungsi prodi Biologi Mikrobiologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, yang berlangsung mulai bulan September 2022.

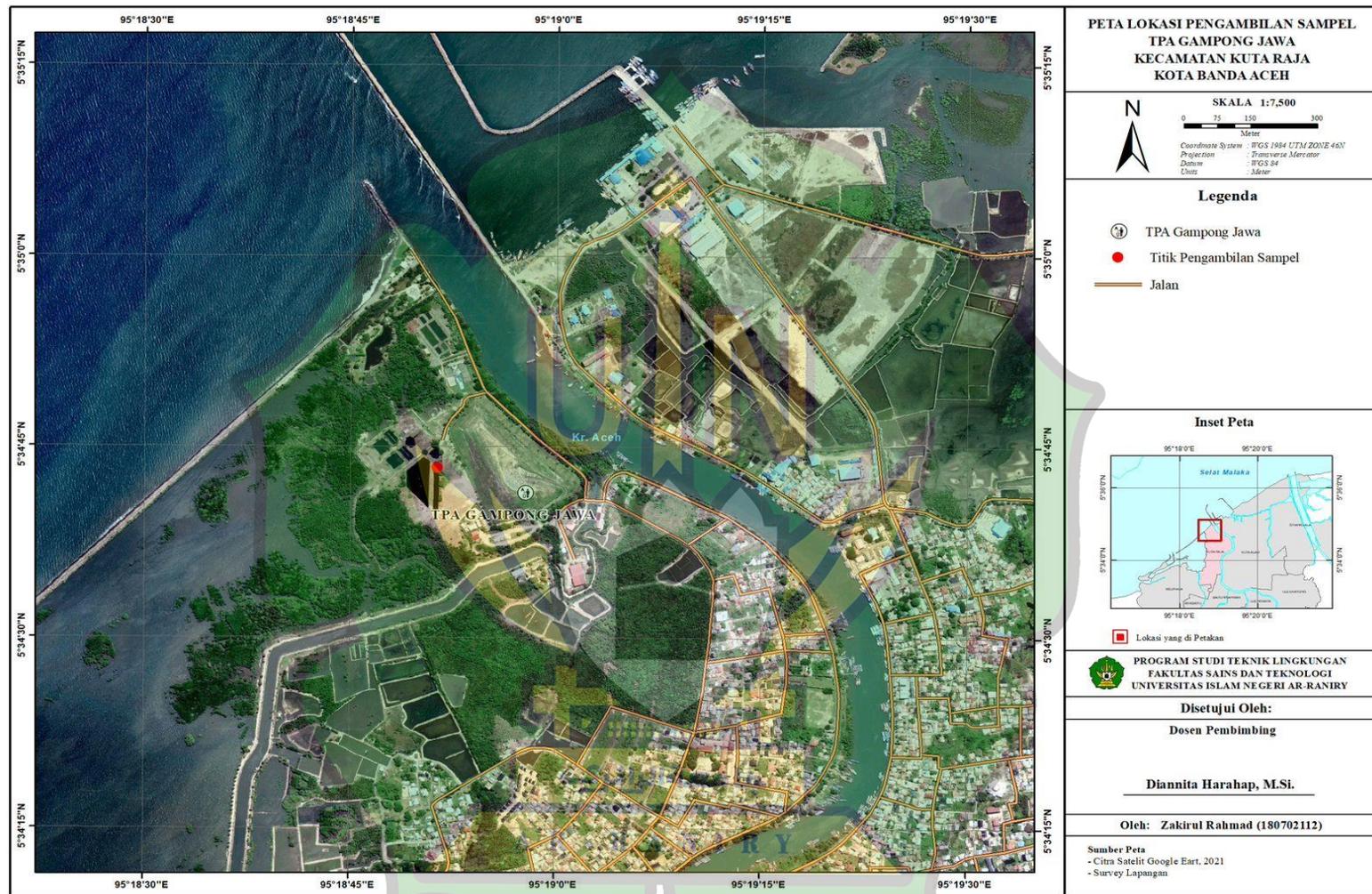
**Tabel 3.1.** Jadwal Penelitian

Waktu Penelitian	Waktu penelitian 2022																		
	Feb		Maret				April			September			Oktober				Nov		
	Minggu Ke-																		
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Pengajuan Judul																			
Uji Pendahuluan																			
Penyusunan Proposal																			
Seminar Proposal																			
Revisi Proposal																			
Pengurusan Izin Penelitian																			
Penelitian																			
Penyusunan Tugas Akhir																			
Sidang Tugas Akhir																			

### 3.3. Pengambilan Sampel

#### 3.3.1. Lokasi Pengambilan Sampel dan Penelitian Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada TPA Gampong Jawa, Kecamatan Kutaraja, Kota Banda Aceh. Jenis sampel yang digunakan adalah berupa lindi TPA yang terdapat pada TPA Gampong Jawa kota Banda Aceh. Peta lokasi dapat dilihat pada Gambar 3.2. Lokasi pengujian parameter lindi dan pengujian *Pseudomonas aeruginosa* dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala dan Laboratorium Mikrobiologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.



**Gambar 3.2.** Lokasi Pengambilan Sampel

*Sumber :* Citra Satelit Google Earth, 2021

### 3.3.2. Teknik Pengambilan Sampel

Berdasarkan SNI 6989.59:2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah, Pengambilan sampel menggunakan metode grab sampling atau sampling. Langkah-langkah cara pengambilan sampel yaitu sebagai berikut: (1) sampel lindi diambil di kolam 1 TPA Gampong Jawa. (2) Sampel diambil menggunakan ember plastik kemudian dimasukkan ke dalam jerigen plastik. (3) selanjutnya jerigen plastik yang telah diisi sampel diberikan label. Sampel yang diambil pada penelitian ini adalah sebanyak 1.500 ml. Pengambilan sampel dilakukan di lindi TPA Gampong Jawa, kecamatan Kutaraja, kota Banda Aceh. Pengambilan sampel yang dilakukan pada kolam 1 dengan ukuran kolam 4593,7  $m^3$ .



Gambar 3.3. Pengambilan Sampel

## 3.4. Eksperimen

### 3.4.1. Bahan dan Alat

#### a. Bahan - Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah, aquadest ( $H_2O$ ), asam klorida (HCl) encer, Larutan NaCl, kapas steril, kertas saring whatman no. 42, media NA,  $HNO_3$ ,  $KCrSO_4$ , aluminium foil, tisu, plastik wrap, sampel lindi, larutan Mc

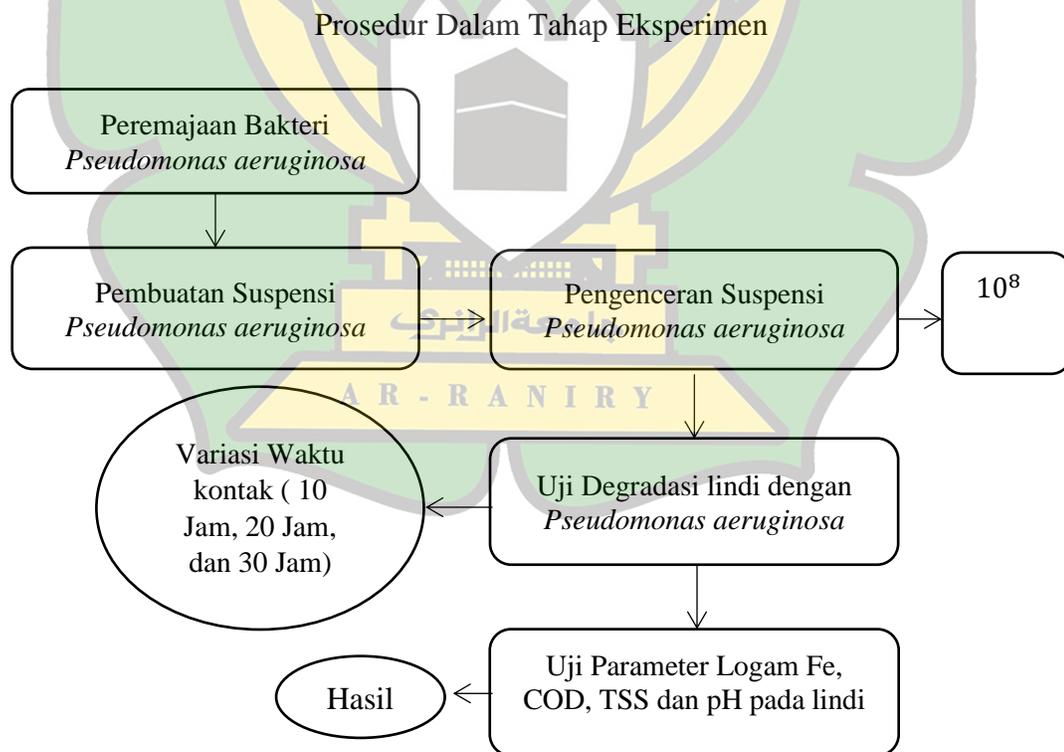
Farland 0,5, isolat *Pseudomonas aeruginosa* ATCC PAO1 dari laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala.

#### b. Alat - Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah AAS, kawat ose, autoklaf, laminar, oven, shaker inkubator, sentrifuge, inkubator, pompa vacum, desikator, dan peralatan gelas. Erlenmeyer 500 ml.

#### 3.4.2. Prosedur Eksperimen

Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen dengan Rancangan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL). RAL dilakukan dengan variasi waktu perlakuan dengan 3 kali variasi jam yaitu di 10 jam, 20 jam dan 30 jam. Pada setiap perlakuan menggunakan 250 ml lindi yang di ambil pada kolam 1 TPA Gampong Jawa. Setiap variasi waktu terdiri dari 250 ml lindi yang ditambahkan *Pseudomonas aeruginosa* dan 250 ml sebagai sampel kontrol.



**Gambar 3.4.** Diagram Alir Prosedur Eksperimen

**a. Peremajaan Isolat Bakteri *Pseudomonas aeruginosa***

Dalam peremajaan isolat bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dilakukan pada media padat miring yaitu Nutrien Agar (NA). Kemudian di ambil 1 ose bakteri *P.aeruginosa* dari koleksi, lalu di gores menggunakan media NA miring dengan inkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Peremajaan bakteri *P.aeruginosa* bertujuan untuk memperoleh kultur kerja bakteri yang ditumbuhkan dari media ke media lainya (Anggraeni dkk, 2021). Isolat murni *P.aeruginosa* yang diremajakan diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Universitas Syiah Kuala dengan cara metode gores pada tabung reaksi yang berisi media NA miring.

**b. Pembuatan Suspensi *Pseudomonas aeruginosa***

Pada Proses pembuatan suspensi *Pseudomonas aeruginosa* sebanyak 1-2 ose isolat bakteri diinokulasikan ke dalam 15 ml media NaCl 0,9 % kemudian di vortex lalu di standarkan dengan larutan *Mc. Farland* 0,5 kemudian suspensi setara dengan  $10^8$  (Antika, 2019).

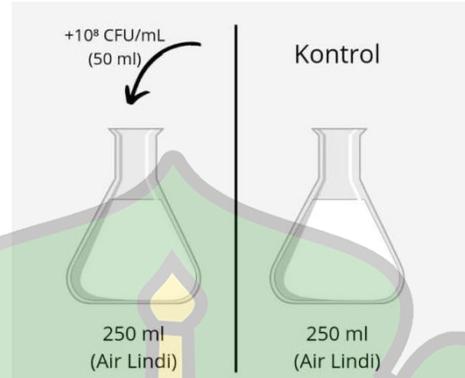
**c. Uji Kemampuan *Pseudomonas aeruginosa* Pada Sampel Lindi**

Berdasarkan penelitian dari Hastuti (2012), dan Nurjanna dkk (2012), dalam tahap bioremediasi lindi menggunakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang pertama dilakukan yaitu pengujian degradasi logam besi yang dengan penyesuaian kultur bakteri. *P.aeruginosa* dengan jumlah  $10^8$  CFU/ml sebanyak 50 ml dengan penyetaraan jumlah sel mengikuti kekeruhan larutan *Mc Farland* 0,5 M (Ratih, 2012).

Pada perlakuan dilakukan dengan variasi waktu yang berbeda, dengan 1 tabung erlenmeyer dengan konsentrasi *Pseudomonas aeruginosa*  $10^8$  CFU/ml dan 1 tabung reaksi sebagai kontrol sebagai berikut.

1. 2 tabung erlenmeyer 500 ml diisi dengan masing-masing 250 ml dari sampel lindi yang di ambil dari kolam 1, lalu 1 tabung erlenmeyer di tambahkan suspensi *P. aeruginosa*  $10^8$ CFU/ml sebanyak 50 ml. dan 1 tabung erlenmeyer hanya diisi dengan sampel, Pada perlakuan ini sebut dengan sebagai kontrol.

2. Setelah melakukan tahapan tersebut lalu dilakukan shaker dengan variasi waktu 10 jam, 20 jam dan 30 jam. Lalu pada tahapan tersebut dilakukan pengecekan logam besi (Fe) dengan AAS dan karakteristik lainnya ( Nurjanna dkk, 2012).



**Gambar 3.4.** Uji degradasi sampel dengan *P.aeruginosa* dan Kontrol

**e. Pemeriksaan Karakteristik Lindi**

**1. Power of Hidrogen (pH)**

Dalam pengukuran pH limbah cair dilakukan dengan menggunakan pH meter digital yaitu dengan mencelupkan pH pada limbah, dan saat dicelupkan kedalam sampel skala akan bergerak acak.

**2. Pemeriksaan TSS**

TSS (*Total Suspended Solid*) ditentukan dengan metode Gravimetri. Cara kerja TSS atau *Total Suspended Solid* yaitu Sebanyak 100 mL aquades disaring dengan kertas Whatman nomor 42, lalu kertas tersebut disaring dan dipanaskan di dalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam lalu didinginkan dalam sebuah desikator selama 15 menit, setelah itu kertas ditimbang berat awalnya. Kemudian diambil 100 ml sampel air lindi dengan menggunakan kertas saring yang telah diketahui beratnya, kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan dalam sebuah desikator selama kurang lebih 15 menit, lalu ditimbang kembali sampai berat akhirnya konstan (Irmanto, 2019).

### 3. Pengukuran COD

Dalam pengukuran COD yaitu dengan menggunakan metode titrimetri, dimana zat organik di dalam air dioksidasi dengan  $KMnO_4$  direduksi oleh asam oksalat berlebih. Kelebihan dari asam oksalat dititrasi kembali dengan  $KMnO_4$  (SNI 06-6989.22-2004).

#### III.5. Analisis Data

Nilai presentasi efektifitas Fe, COD, TSS, dan pH di peroleh dengan membandingkan nilai konsentrasi Fe, COD, TSS dan pH sampel awal sebelum adanya proses perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada sampel air lindi TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh, sehingga dengan hasil :

$$\% \text{Efektivitas} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100$$

Keterangan :

$C_0$  = Konsentrasi awal (mg/L)

$C_1$  = Konsentrasi setelah pengolahan (mg/L)

Dengan  $C_0$  adalah nilai konsentrasi pencemar sebelum dilakukan pengolahan atau konsentrasi awal, dan  $C_1$  adalah nilai konsentrasi pencemar setelah pengolahan atau konsentrasi setelah pengolahan

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Penelitian

Dalam penelitian menggunakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* sebagai alternatif dalam menurunkan polutan yang ada di dalam lindi di TPA Gampong Jawa. Sebelum melakukan tahap isolat diremajakan terlebih dahulu selama 24 jam lalu dilanjutkan dengan pembuatan suspensi dan tahap selanjutnya dengan proses degradasi lindi dengan *P.aeruginosa*. Sebelum melakukan pengolahan lindi dianalisis terlebih dahulu untuk mengetahui kadar awal parameter yang meliputi COD, TSS, pH dan kadar logam besi (Fe). Pada hasil tersebut akan dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 59 Tahun 2016 didapatkan bahwa hasil parameter pada lindi TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh melebihi baku mutu yang telah ditetapkan.

##### 4.1.1 Penyisihan Logam Fe dengan *Pseudomonas aeruginosa*

Hasil penyisihan logam Fe pada lindi dengan menggunakan *Pseudomonas aeruginosa* terlihat pada Tabel 4.1.

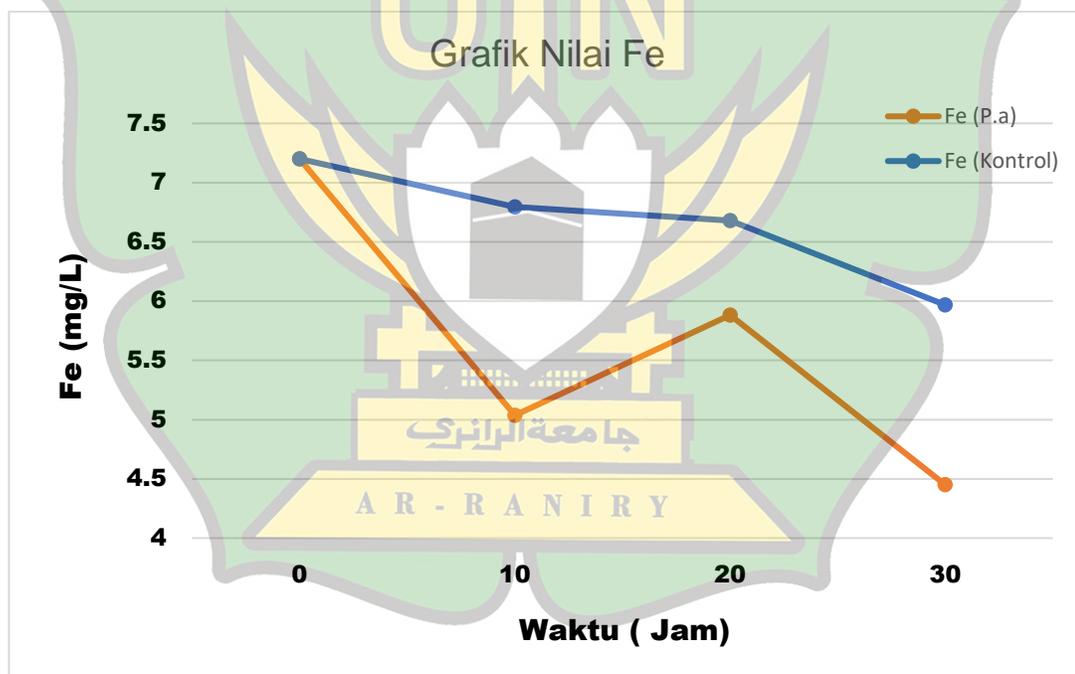
**Tabel 4.1** Hasil Uji Parameter Fe Setelah Perlakuan dan Kontrol

No.	Waktu Kontak (Jam)	Nilai Awal	Nilai Akhir (kontrol)	Nilai Akhir (P.a)	Baku Mutu*
1.	10	7,2 mg/L	6,796 mg/L	5,036 mg/L	5,00 mg/L
2.	20	7,2 mg/L	6,679 mg/L	5,881 mg/L	5,00 mg/L
3.	30	7,2 mg/L	5,968 mg/L	4,450 mg/L	5,00 mg/L

Keterangan : P.a (*Pseudomonas aeruginosa*); \*PerMenLH No. 05 Tahun 2014.

Berdasarkan Tabel diatas, perlakuan dengan waktu kontak *P.aeruginosa* yang berbeda-beda menurunkan nilai akhir logam Fe yang terkandung di dalam limbah lindi. Kenaikan variasi waktu kontak dalam jam menurunkan nilai kandungan logam Fe. Penurunan nilai Fe diakhir pengamatan hingga mencapai 4,450 mg/L dengan penambahan *P.aeruginosa* selama waktu kontak 30 jam. Hal ini telah memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 05 Tahun 2014 pada ambang batas baku mutu 5 mg/L. Perlakuan terbaik ini jika dibandingkan dengan kontrol pada waktu kontak 30 jam tanpa penambahan *P.aeruginosa* masih diatas baku mutu yaitu 5,968 mg/L.

Berdasarkan hasil setelah penambahan *Pseudomonas aeruginosa* parameter logam Fe mengalami penurunan dan dapat dilihat pada Gambar 4.1. Grafik Perlakuan *P.aeruginosa* dan kontrol terhadap penurunan logam Fe.



Gambar 4.1. Grafik Perlakuan *P.aeruginosa* dan Kontrol terhadap Penurunan logam Fe

#### 4.1.2. Penyisihan COD dengan *Pseudomonas aeruginosa*

Hasil penyisihan COD pada lindi dengan menggunakan *Pseudomonas aeruginosa* terlihat pada Tabel 4.2.

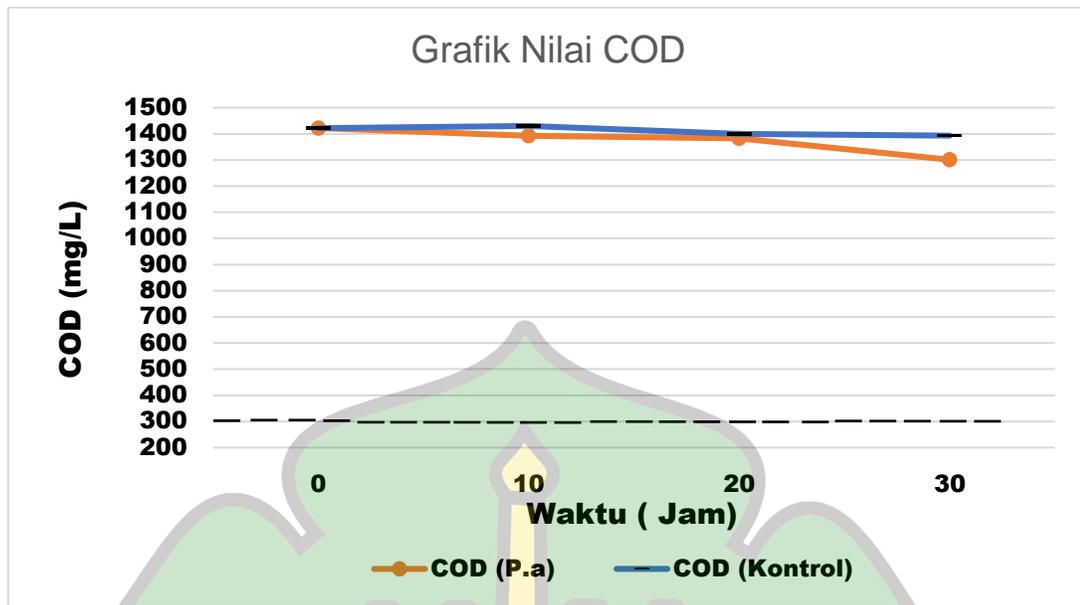
**Tabel 4.2.** Hasil Uji Parameter COD Setelah Perlakuan dan Kontrol

No.	Waktu Kontak (Jam)	Nilai Awal	Nilai Akhir (kontrol)	Nilai Akhir (P.a)	Baku Mutu*
1.	10	1.432 mg/L	1.430 mg/L	1.392 mg/L	300 mg/L
2.	20	1.432 mg/L	1.400 mg/L	1.383 mg/L	300 mg/L
3.	30	1.432 mg/L	1.393 mg/L	1.301 mg/L	300 mg/L

Keterangan :P.a (*pseudomonas aeruginosa*); \*PerMenLH No. 59 Tahun 2016

Berdasarkan Tabel diatas, perlakuan dengan waktu kontak *P.aeruginosa* yang berbeda-beda menurunkan nilai akhir COD yang terkandung di dalam limbah lindi. Kenaikan variasi waktu kontak dalam jam menurunkan nilai kandungan COD. Penurunan nilai COD diakhir pengamatan hingga mencapai 1.301 mg/L dengan penambahan *P.aeruginosa* selama waktu kontak 30 jam. Tetapi hal ini belum memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 59 Tahun 2016 pada ambang baku mutu 300 mg/L. Perlakuan terbaik ini jika dibandingkan dengan kontrol pada waktu kontak 30 jam tanpa penambahan *P.aeruginosa* masih diatas baku mutu yaitu 1.393 mg/L.

Berdasarkan hasil setelah penambahan *Pseudomonas aeruginosa* parameter COD mengalami penurunan dan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Perlakuan P.a dan Kontrol terhadap Penurunan COD

#### 4.1.3. Penyisihan TSS dengan *Pseudomonas aeruginosa*

Hasil penyisihan TSS pada lindi dengan menggunakan *Pseudomonas aeruginosa* terlihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Uji Parameter TSS Setelah Perlakuan dan Kontrol

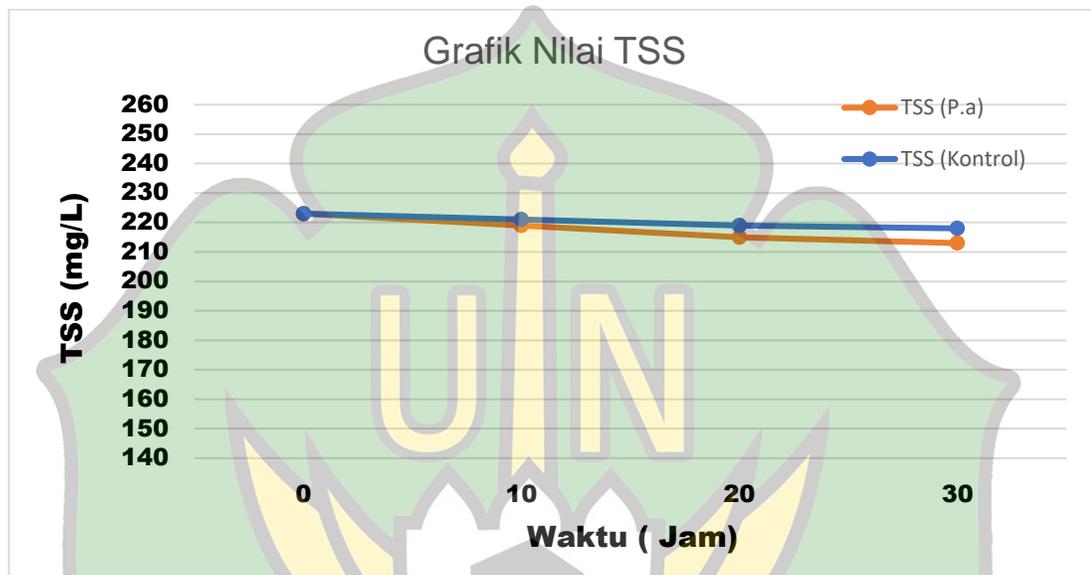
No.	Waktu Kontak (Jam)	Nilai Awal	Nilai Akhir (Kontrol)	Nilai Akhir (P.a)	Baku Mutu*
1.	10	223 mg/L	221 mg/L	219 mg/L	150 mg/L
2.	20	223 mg/L	219 mg/L	215 mg/L	150 mg/L
3.	30	223 mg/L	218 mg/L	213 mg/L	150 mg/L

Keterangan : P.a (*Pseudomonas aeruginosa*); \*PerMenLH No. 59 Tahun 2016

Berdasarkan Tabel diatas, perlakuan dengan waktu kontak *P.aeruginosa* yang bervariasi menurunkan nilai akhir TSS yang terkandung di dalam lindi. Perbedaan durasi waktu kontak dalam satuan jam mampu menurunkan nilai kandungan TSS. Penurunan nilai TSS diakhir pengamatan yang mencapai 213 mg/L dengan penambahan *P.aeruginosa* selama waktu kontak 30 jam. Tetapi hal ini belum memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 59 Tahun 2016 pada

ambang baku mutu 150 mg/L. Perlakuan terbaik ini jika dibandingkan dengan kontrol pada waktu kontak 30 jam tanpa penambahan *P.aeruginosa* masih diatas baku mutu yaitu 218 mg/L.

Berdasarkan hasil setelah penambahan *Pseudomonas aeruginosa* parameter TSS mengalami penurunan dan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Perlakuan *P.aeruginosa* dan Kontrol terhadap Penurunan TSS

#### 4.1.4. Penetralkan pH dengan *Pseudomonas aeruginosa*

Hasil penetralan pH pada lindi yang telah dilakukan bioremediasi menggunakan *Pseudomonas aeruginosa* terlihat pada Tabel 4.4.

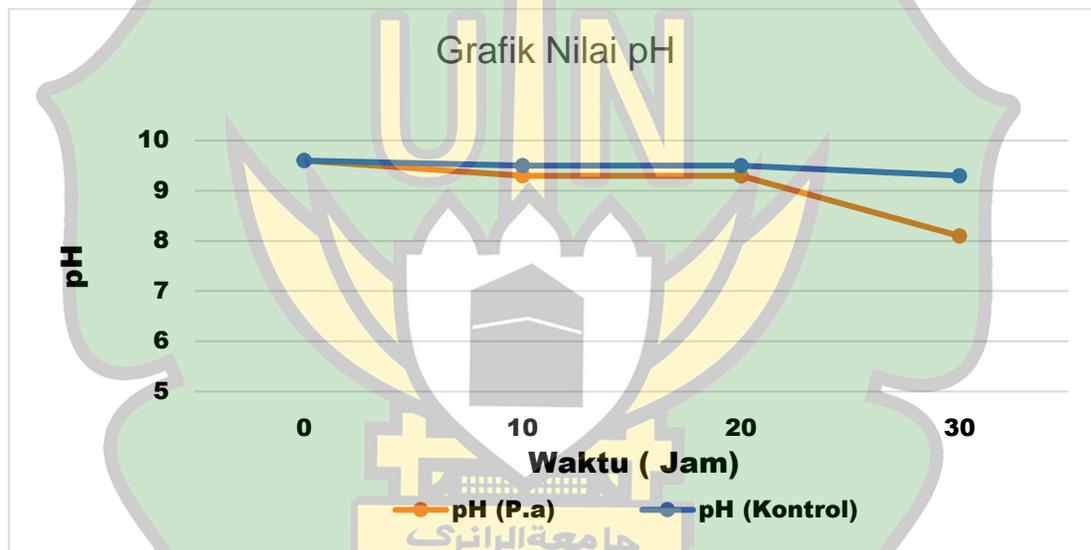
Tabel 4.4. Hasil Uji Parameter pH Setelah Perlakuan dan Kontrol

No.	Waktu Kontak (Jam)	Nilai Awal	Nilai Akhir (kontrol)	Nilai akhir (P.a)	Baku Mutu*
1.	10	9,6	9,5	9,3	6-9
2.	20	9,6	9,5	9,3	6-9
3.	30	9,6	9,3	8,1	6-9

Keterangan : P.a (*Pseudomonas aeruginosa*) ; \*PerMenLH No.59 Tahun 2016

Berdasarkan Tabel diatas, perlakuan dengan waktu kontak *P.aeruginosa* yang berbeda-beda penetralan nilai akhir pH yang terkandung di dalam lindi. Kenaikan variasi waktu kontak dalam satuan jam menetralkan nilai pH. Penurunan nilai pH diakhir pengamatan hingga mencapai 8,1 dan memenuhi baku mutu, dengan penambahan *P.aeruginosa* selama waktu kontak 30 jam. Tetapi hal ini belum memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 59 Tahun 2016 pada ambang baku mutu 6-9. Perlakuan terbaik ini jika dibandingkan dengan kontrol pada waktu kontak 30 jam tanpa penambahan *P.aeruginosa* diatas baku mutu yaitu 9,3

Berdasarkan hasil setelah penambahan *Pseudomonas aeruginosa* parameter pH mengalami penurunan dan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Perlakuan *P.aeruginosa* dan Kontrol terhadap Penetralan pH

## 4.2. Pembahasan

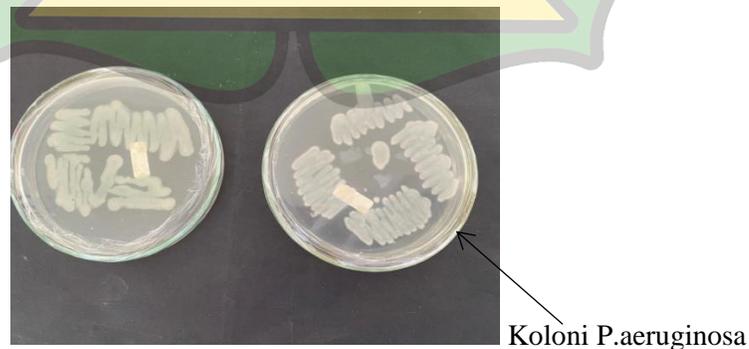
### 4.2.1. Peremajaan *Pseudomonas aeruginosa*

Peremajaan isolat bakteri murni *Pseudomonas aeruginosa* yang diperoleh dari laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala Kota Banda Aceh dilakukan dengan cara menumbuhkan kultur murni pada *Nutrient Agar* (NA) yang merupakan sumber utama nutrisi dan makanan bagi pertumbuhan

bakteri. Nutrient Agar banyak mengandung ekstrak beef, pepton, NaCl, air dan agar sebagai pematid. Hasil dari proses peremajaan isolat *P.aeruginosa* yaitu bakteri mampu tumbuh dengan baik dengan media tersebut. Pertumbuhan bakteri yang ditandai dengan adanya koloni berwarna putih yang tumbuh mengikuti area goresan yang diinokulasikan pada media padat NA. Setelah melakukan peremajaan dilanjutkan dengan diadaptasikan ke media cair atau suspensi pada proses selanjutnya.

Media *Nutrient Agar* (NA) yang digunakan untuk tempat pertumbuhan *P.aeruginosa* terlebih dahulu harus disterilisasi yang fungsinya agar bakteri dan mikroorganisme yang sudah terdapat di dalam media tersebut dapat mati dan tidak terjadinya kontaminasi terhadap media NA yang akan digunakan dalam proses peremajaan *P.aeruginosa* pada proses sterilisasi media digunakan autoklaf dengan suhu 121°C selama 15 menit. Pada tekanan autoklaf sebesar 1 atm dapat memberikan kekuatan yang mematikan bakteri yang ada pada media tersebut.

Media *Nutrient Agar* (NA) yang sudah steril lalu dipindahkan ke cawan petri dan ditambahkan isolat bakteri *P.aeruginosa* dengan cara teknik gores zig-zag. Selanjutnya media yang sudah melalui tahap pengoresan dengan bakteri dimasukkan ke dalam diinkubasi selama 24 jam. Berdasarkan Gambar 4.5 bakteri yang tumbuh pada media NA berwarna putih, bentuk koloni bulat serta mengikuti garis yang digores dengan zig-zag. Lalu hasil peremajaan ini dilanjutkan untuk proses selanjutnya.



(a)

(b)

**Gambar 4.5.** Peremajaan Isolat *Pseudomonas aeruginosa* (a). Tampak depan,  
(b).Tampak belakang

Pembuatan suspensi *P.aeruginosa* merupakan tahapan dilakukan dengan mencampurkan NaCl 0,9% pada 1-2 ose isolat *P.aeruginosa* dengan menggunakan ose yang sudah steril. Banyaknya bakteri yang akan dicampur dengan larutan NaCl 0,9% sebanyak 10 ml dengan 5 tabung reaksi, dan disesuaikan kekeruhan dengan Mc Farland 0,5 atau sebanding dengan  $10^8$  CFU/ml.

#### 4.3.2. Pengaruh *Pseudomonas aeruginosa* Terhadap Perubahan Nilai Fe

Hasil penelitian yang telah dilaksanakan dengan proses bioremediasi *Pseudomonas aeruginosa* sebagai degradasi terhadap polutan yang ada pada lindi TPA Gampong Jawa, maka didapatkan hasil secara keseluruhan pada Tabel hasil dengan rumus % efektivitas dengan contoh penyerapan Fe sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{\% Efektivitas Penyerapan Fe} &= \frac{[x]_{\text{awal}} - [x]_{\text{akhir}}}{[x]_{\text{awal}}} \times 100\% \\ &= \frac{7,2 - 4,450}{7,2} \times 100\% \\ &= 38,19\% \end{aligned}$$

Dengan [x] awal adalah konsentrasi polutan sebelum dilakukan bioremediasi dan [x] akhir merupakan konsentrasi polutan setelah dilakukan bioremediasi. Sehingga untuk penyerapan kadar logam Fe dengan variasi waktu kontak 30 jam yaitu diperoleh efektivitas sebesar 38,19%.

Berdasarkan data dari Tabel dan Gambar 4.1, dapat diketahui bahwa nilai Fe pada kontrol setelah penambahan *P.aeruginosa* dan digoyang menggunakan shaker selama 10 jam mengalami penurunan dari 7,2 mg/L. menjadi 6,796 mg/L. Berbeda dengan kontrol sampel dengan diberi perlakuan menjadi mengalami penurunan yaitu menjadi 5,036 mg/L dan keefektivitasan sebesar 30,03%. Pada waktu kontak ke 20 jam nilai Fe *P.aeruginosa* dan kontrol menjadi 6,679 mg/L sedangkan sampel dengan perlakuan *P.aeruginosa* menjadi 5,881 mg/L dan keefektivitasan sebesar 18,32%.

Lalu pada waktu kontak ke 30 jam selama proses degradasi nilai Fe pada sampel kontrol 5,968 mg/L sedangkan nilai Fe dengan penambahan perlakuan *P.aeruginosa* menjadi 4,450 mg/L dan keefektivitasnya sebesar 38,19%. Setelah mendapatkan hasil dengan 3 variasi waktu dalam menurunkan polutan logam besi (Fe) yang sangat efektif yaitu pada variasi waktu ke 30 jam selama proses degradasi berlangsung. Hal tersebut sudah berada dibawah baku mutu peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 05 Tahun 2014 yaitu sebesar 5,00 mg/L.

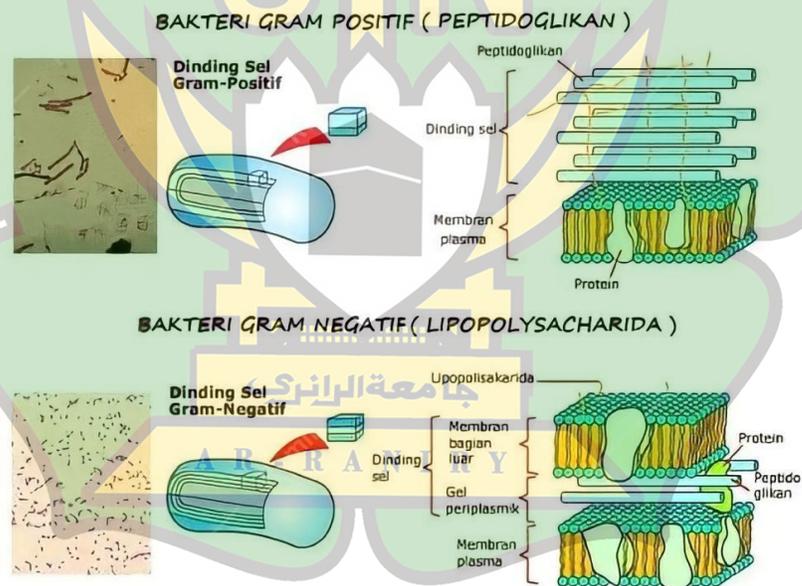
Dalam waktu kontak 30 jam merupakan waktu yang paling efektif dalam degradasi lindi dengan *P.aeruginosa*, karena fase akhir eksponensial atau pertumbuhan hingga masuk fase stasioner atau kematian yang merupakan pada fase tersebut sel bakteri berada pada jumlah yang sangat besar, metabolit sekunder mulai diproduksi sehingga waktu efektif remediasi dilakukan pada jam 25 keatas.

Kemampuan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam menurunkan kadar logam berat disebabkan karena bakteri memiliki permukaan yang bermuatan negatif. Muatan negatif yang berbentuk dari berbagai struktur anion dan sedangkan logam merupakan kation yang bermuatan positif sehingga dapat terjadi antara permukaan sel bakteri dengan ion logam berat. Selain itu bakteri juga dapat melakukan tahapan reduksi logam berat yang membentuk kompleks sehingga ion logam berat yang tidak toksik (Astuti dkk, 2016).

Dalam proses penurunan kadar logam diawali dengan pengikatan ion ion pada gugus sulfur dari asam amino sistein pada dinding sel bakteri. Lalu setelah protein di reseptor untuk mengenali adanya logam asing non esensial maka gen akan mengkode pembentukan metalthionein didalam sel. Pada metalthionein merupakan protein tionein penganget logam mengandung asam amino sestein. Dalam kandungan sistein yang tinggi menyebabkan protein tersebut memiliki daya afinitas yang kuat terhadap logam (Khoiriyah, 2014).

Pengikatan logam berat esensial terhadap bakteri Gram negatif yang melibatkan lapisan peptidoglikan dan membran luar yang terdiri dari struktur bilayer yang terdiri

dari fosfolid pada bagian dalam dan lipopolisakarida bagian luarnya. Membran tersebut merupakan membran pertama yang berhadapan langsung dengan lingkungan luar dan konsekuensinya merupakan pertimbangan terpenting dalam pengikatan logam oleh bakteri Gram negatif. Pengikatan logam berat oleh bakteri Gram negatif ditemukan pada selubung sel atau komponen membran sel dibagian gugus fosfat dari lipopolisakarida. pada bakteri gram negatif adanya komponen lipopolisakarida dan peptidoglikan pada dinding sel membentuk tempat pengikatan kationik utama. Mekanisme deposisi ion logam pada dinding sel bakteri melibatkan intraksi stoikiometri antara kation logam dan daerah aktif di dalam dinding. Intraksi ini menyediakan daerah nukleasi untuk deposisi larutan dari logam. Agregat metal tumbuh dalam dinding secara fisik tertahan oleh ukuran molekuler di dalam dinding sebagai hasil deposit di dalam dinding, tidak mudah dipindahkan oleh air atau diganti oleh proton dan ion logam lain (Farida, 2016).



**Gambar 4.6.** Mekanisme dinding sel bakteri mengikat logam

Sumber : Widya dkk, 2020

Berdasarkan penelitian Farida (2016), tentang bioremediasi tanah yang tercemar minyak bumi dengan logam esensial seperti Fe dengan bakteri *P.putida*.

Pada bakteri yang digunakan merupakan bakteri Gram negatif dan mampu menurunkan 58,45% pada waktu di 28 jam. Kemampuan bakteri dalam mengadsorpsi logam Fe dimana kapasitas pusat aktif dinding sel yang cukup banyak akan mempercepat degradasi sehingga waktu optimum bakteri dalam mendegradasi logam tersebut yaitu pada rentang waktu 0-146 jam. Hal tersebut sebanding dengan pada nilai yang didapatkan hasil saat bioremediasi Fe dengan *P.aeruginosa* pada lindi TPA Gampong Jawa.

Dalam penelitian Astuti (2016), Penggunaan bakteri *P.aeruginosa* dalam menurunkan logam berat non esensial yaitu Timbal (Pb) pada limbah cair laboratorium mampu menurunkan kandungan timbal sebesar 99% pada waktu inkubasi optimum yaitu pada 24 jam. Bioremediasi yang dilakukan Royanudin (2020), dengan menggunakan bakteri Gram negatif *Pseudomonas fluorescens* pada limbah cair domestik dalam menurunkan logam kadmium yang merupakan logam non esensial juga sangat efektif yaitu dengan keefektifitasannya sebesar 95,3% dengan waktu kontak selama 25 jam.

#### **4.3.3. Pengaruh *Pseudomonas aeruginosa* Terhadap Perubahan Nilai COD**

Berdasarkan data dan grafik Gambar 4.2 diketahui setelah melakukan uji perlakuan dan sampel kontrol bahwa parameter COD mengalami penurunan baik setelah penambahan *Pseudomonas aeruginosa* maupun sebagai kontrol. Proses penurunan pada COD dari air TPA Gampong Jawa memiliki perbedaan tergantung dari variasi waktu kontak dengan *P.aeruginosa* dan tanpa perlakuan atau kontrol. Dari Gambar grafik 4.2 nilai COD pada di 10 jam sampel kontrol yaitu 1.430 mg/L sedangkan di sampel dengan penambahan perlakuan sebesar 1.392 mg/L. Selanjutnya nilai COD di 20 jam pada sampel kontrol yaitu 1.400 mg/L dan sampel dengan penambahan perlakuan menjadi 1.383 mg/L. Sedangkan waktu kontak 30 jam nilai COD pada sampel kontrol menjadi 1.393 mg/L dan sampel dengan penambahan perlakuan juga mengalami penurunan menjadi 1.301 mg/L.

Pada proses penurunan nilai COD pada lindi pada sampel kontrol dan dengan perlakuan *Pseudomonas aeruginosa* baik divariasi waktu kontak 10 jam, 20 jam dan 30 jam hanya mengalami penurunan nilai yang sedikit. Hal ini dikarenakan pengaruh konsentrasi COD yang tinggi pada air sebanyak 250 ml masih sangat besar dan tidak sebanding dengan jumlah penambahan suspensi *P.aeruginosa* sebanyak 50 ml atau tidak mampu untuk menyerap dan menampung keseluruhan pada saat proses bioremediasi berlangsung. Secara analisis untuk menurunkan kadar nilai COD pada lindi dibutuhkan suspensi lebih tinggi dari pada 50 ml agar sebanding dengan sampel sebanyak 250 ml. Penurunan nilai COD menunjukkan bahwa mendegradasi menggunakan bakteri *P.aeruginosa* harus ada penambahan konsentrasi dari 50 ml sehingga bahan organik dalam lindi mampu menurunkan nilai COD. Nilai COD yang semakin kecil dari sebelum melakukan degradasi menunjukkan kualitas limbah cair hasil pengolahan semakin membaik (Paramita dkk, 2012)

#### **IV.3.4. Pengaruh *Pseudomonas aeruginosa* Terhadap Perubahan Nilai TSS**

Berdasarkan Tabel dan Gambar grafik pada Gambar 4.3 terlihat setelah sampel diberikan perlakuan dan sampel kontrol bahwa parameter TSS mengalami penurunan setelah penambahan *Pseudomonas aeruginosa* maupun sampel kontrol. Pada proses penurunan nilai TSS lindi TPA Gampong Jawa memiliki perbedaan tergantung dari variasi waktu kontak dengan *P.aeruginosa* dan juga tanpa perlakuan. Dari grafik Gambar IV.4 nilai awal TSS 223 mg/L dan setelah 10 jam proses bioremediasi dengan *P.aeruginosa* nilai TSS turun menjadi 219 mg/L dan nilai sampel pada kontrol yaitu 221 mg/L. Lalu pada variasi waktu 20 jam nilai TSS dengan perlakuan *P.aeruginosa* menjadi 215 mg/L dan nilai TSS pada sampel kontrol yaitu 219 mg/L. Sedangkan pada 30 jam setelah proses bioremediasi nilai TSS dengan penambahan p.a menjadi 213 mg/L dan sampel kontrol yaitu 218 mg/L.

Setelah melakukan proses bioremediasi dan didapatkan hasil yang belum sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 59 Tahun 2016 bahwa nilai TSS yang didapatkan masih diatas baku mutu dari 150 mg/L. Hal ini disebabkan limbah tersebut saat setelah terjadi kontak dengan

bakteri akan menyebabkan penambahan suspensi yang tidak dapat larut, dan sel bakteri yang terjadi peningkatan kekeruhan pada media cair yang digunakan (Astuti, 2016).

Berdasarkan penelitian Farida dkk (2016), kadar TSS disebabkan oleh adanya aktivitas pendegradasian suatu zat-zat organik oleh mikroorganisme pendegradasi. Hal ini selama dalam proses pendegradasi berlangsung, molekul kompleks bahan pencemar organik dipecah oleh enzim-enzim yang dimiliki oleh mikroorganisme tersebut melalui tahapan hidrolisis menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa dari hasil hidrolisis ini digunakan untuk metabolisme mikroorganisme sehingga dihasilkan  $CO_2$ ,  $H_2O$ , energi dan sisa metabolisme berupa lumpur yang mudah mengendap, sehingga dengan mekanisme tersebut bahan pencemar organik yang terdapat pada limbah merupakan padatan tersuspensi semakin lama semakin berkurang. Kandungan logam berat yang diakumulasi oleh mikroorganisme juga dapat mempengaruhi penurunan nilai TSS pada limbah.

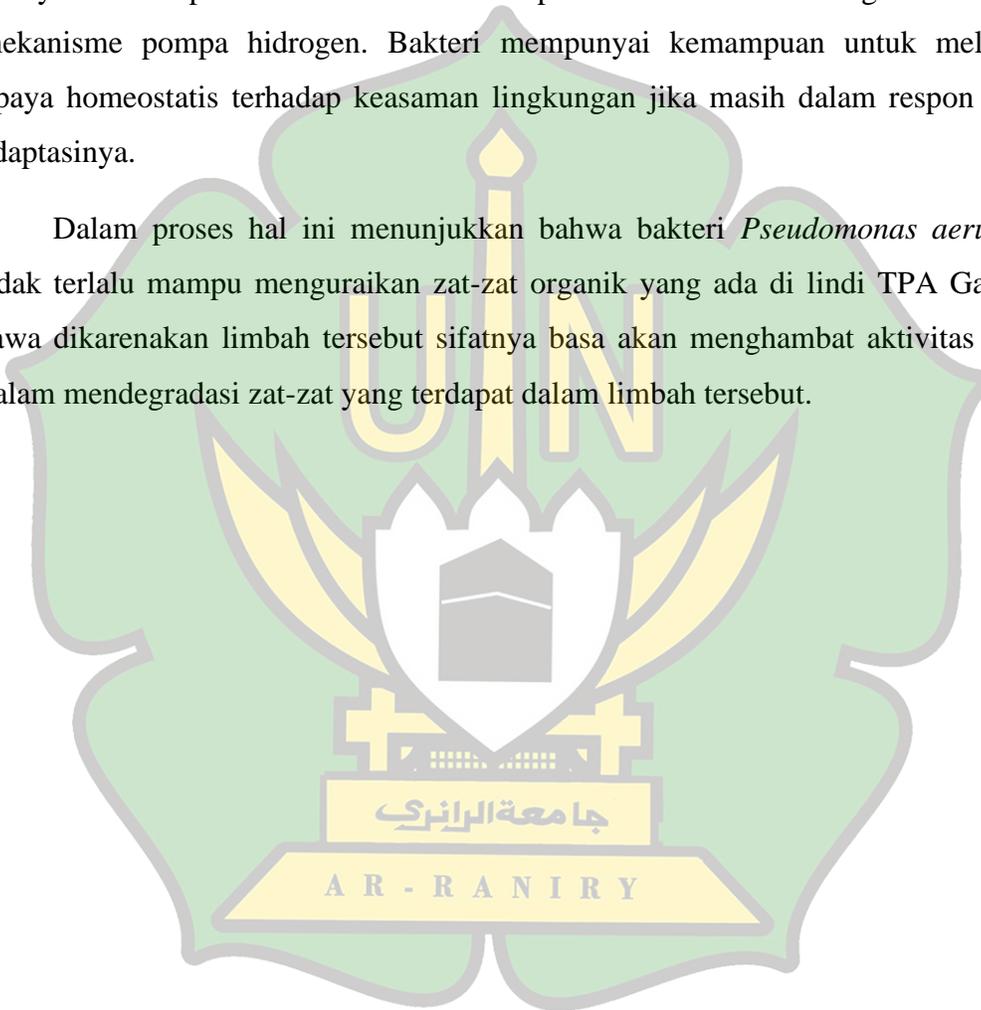
#### **IV.3.5. Pengaruh *Pseudomonas aeruginosa* Terhadap Penetralkan Nilai pH**

Berdasarkan Tabel dan Gambar grafik pada Gambar 4.4 terlihat setelah sampel diberikan perlakuan dan sampel kontrol bahwa parameter pH mengalami penurunan setelah penambahan *Pseudomonas aeruginosa* maupun sebagai kontrol. Pada proses penurunan pH dari lindi TPA Gampong Jawa memiliki perbedaan tergantung dari variasi waktu kontak dengan *P.aeruginosa* dan juga dengan tanpa perlakuan. Dari grafik Gambar IV.4 nilai awal pH 9.6 dan setelah 10 jam proses bioremediasi berlangsung dengan *P.aeruginosa* nilai pH turun menjadi 9,3 dan pada sampel kontrol yaitu 9,5. Lalu pada variasi waktu 20 jam nilai pH dengan perlakuan *P.aeruginosa* menjadi 9,3 dan sampel kontrol menjadi 9,5 mg/L. Sedangkan pada variasi waktu ke 30 jam setelah proses penetralan nilai pH dengan perlakuan *P.aeruginosa* menjadi 8,1 sedangkan nilai pH pada sampel kontrol yaitu 9,3.

Limbah cair dengan nilai pH yang sangat terlalu tinggi atau berkisaran ( $>8,5$ ) akan menghambat aktivitas suatu mikroorganisme, sedangkan nilai pH dibawah 6,5

akan mengakibatkan pertumbuhan jamur dan akan terjadi persaingan antara bakteri dalam metabolisme materi organik (Ali dkk, 2014). Menurut Anggriany (2018), mikroorganisme cenderung memerlukan suasana netral untuk melakukan akumulasi logam berat dalam limbah. Hal ini terjadi karena selama proses aerasi terjadi, kadar  $CO_2$  dihilangkan atau dilepaskan ke lingkungan, terjadinya kenaikan pH juga karena adanya kemampuan bakteri dalam respon toleransi asam dengan melakukan mekanisme pompa hidrogen. Bakteri mempunyai kemampuan untuk melakukan upaya homeostatis terhadap keasaman lingkungan jika masih dalam respon toleran adaptasinya.

Dalam proses hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* tidak terlalu mampu menguraikan zat-zat organik yang ada di lindi TPA Gampong Jawa dikarenakan limbah tersebut sifatnya basa akan menghambat aktivitas bakteri dalam mendegradasi zat-zat yang terdapat dalam limbah tersebut.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian mengenai penurunan nilai Fe, COD, TSS dan pH pada lindi di TPA Gampong Jawa menggunakan *Pseudomonas aeruginosa* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Efektivitas penurunan nilai logam besi (Fe) dan pH pada air lindi TPA Gampong Jawa dengan menggunakan *Pseudomonas aeruginosa* dari nilai awal sampai hasil akhir pengolahan menunjukkan penurunan sangat signifikan pada logam Fe yaitu di pada 30 jam dengan efektivitas sebesar 38,19%. Pada penetralan nilai pH sangat signifikan pada 30 jam yaitu sebesar 15,62%
2. Penurunan nilai COD dan TSS pada penelitian tidak mampu memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, dikarenakan masih kurangnya jumlah suspensi yang digunakan saat uji bioremediasi yang dilakukan.

#### **5.2. Saran**

Adapun saran dan masukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif dalam menurunkan logam Fe pada lindi TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh.
2. Saran untuk peneliti selanjutnya yaitu perlu adanya penelitian tentang pemakaian bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam menurunkan nilai logam berat lainnya pada lindi TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh seperti logam Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb).
3. Perlu adanya penambahan jumlah suspensi *Pseudomonas aeruginosa* dengan lindi untuk melihat keefektivan kinerja bakteri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agriani, S., & S DJ, R. (2020). Efisiensi Penyisihan Logam Fe Dengan Menggunakan Instalasi Pengolahan Lindi Compact (IPLC). *Jurnal Reka Lingkungan*, 8(2), 78–89. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v8i2.78-89>
- Ali, M. (2018). Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan dan Kesehatan. In *UPN Press*.
- Anggraeni, A., & Triajie, H. (2021). Uji Kemampuan Bakteri (*Pseudomonas aeruginosa*) dalam Proses Biodegradasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb), di Perairan Timur Kamal Kabupaten Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 2(3), 176–185. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i3.11754>
- Anggriany, P. S., Jati, A. W. N., & Murwani, L. I. (2018). Pemanfaatan Bakteri *Indigenus* dalam Reduksi Logam Berat Cu pada Limbah Cair Proses *Etching Printed Circuit Board* ( PCB ) *Utilization of Indigenous Bacteria in the Reduction of Copper Heavy Metal on Liquid Wastes Etching Process Printed Circuit Board* ( PCB. 3(2), 87–95.
- Anisa, S., Darwin, D., & Yasar, M. (2019). Pengaruh Aplikasi Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) Untuk Pengolahan Limbah Air Lindi (Leachate) Secara Aerobik Terhadap Kualitas Air. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 4(3), 125–134. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v4i3.11544>
- Antika, B. (2019). Penentuan kurva pertumbuhan pseudomonas sp. lbkurcc149. *Kimia Universitas Riau*, 1–6.
- Apriyani, N., & Lesmana, R. Y. (2019). Jumlah Timbulan dan Komposisi Sampah di Kelurahan Pahandut Kota Palangka Raya serta Dampaknya terhadap Kualitas Air Lindi. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4(1), 5–9. <https://doi.org/10.33084/mitl.v4i1.648>
- Astuti, A.Y.U.(2016). Kemampuan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam Menurunkan Kandungan Timbal (Pb) Limbah Cair Laboratorium Kimia UIN Alauddin Makassar. *Pseudomonas Aeruginosa*, 1–76.
- Centeno, M. (2016). Bioremediasi Limbah deterjen menggunakan bakteri Gram Negatif (*Pseudomonas aeruginosa* & *Pseudomons putida*). *Jurnal Article*, 32.
- Danela, S., Gede, L. S., & Ariami, P. (2019). Kacang Kedelai Sebagai Media Alternatif Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas Aeruginosa*. *Jurnal Analis Medika Biosains (JAMBS)*, 6(1), 73. <https://doi.org/10.32807/jambs.v6i1.127>
- Farida, A. N. (2016). Peran Bakteri *Bacillus cereus* dan *Pseudomonas Putida* Dalam Bioremediasi Logam Berat ( Fe , Cu , dan Zn ) Pada Tanah Tercemar The

*Function Of Bacillus cereus And Pseudomonas putida For Heavy Metals ( Fe , Cu And Zn ) Bioremediation In Petroleum.* 11.

- Hastuti, R. D. (2012). Enumerasi bakteri, cendawan, dan aktinomisetes. *Mikrobiologi Lingkungan, Tabel 1*, 10–18.
- Irhamni, Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2017). Kandungan Logam Berat pada Air Lindi Tempat Pembuangan Akhir ( TPA ) Sampah Kota Banda Aceh. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana (SNP) Unsyiah*, 3(1), 19–22. <http://jurnal.unsyiah.ac.id/SNP-Unsyiah/article/download/6858/5659>
- Irmanto, S. dan Z. (2019). Optimasi Penurunan COD, BOD, dan TSS Limbah Cair Industri Etanol (vinsasse) PSA Palimanan dengan Metode Multi Soil Layering (MSL). *Kimia Fakultas Sains Dan Teknik Unisoed*, 11–2, 9603.
- Iskandarsyah, T. Y. W. M. (2017). Peran Batuan Dasar Dalam Upaya Meminimalisasi Penyebaran Air Lindian Sampah (. *Bulletin of Scientific Contribution*, 5(3), 159–171.
- Kerubun, A. A. (2014). Kualitas Limbah Cair di Rumah Sakit Umum Daerah Tulehu (Wastewater Quality in Tulehu Regional Public Hospital). *Media Kesehatan Masyarakat*, 180–185.
- Kusumawati, T. (2016). Kajian Degradasi Air Tanah Dangkal Akibat Air Lindi ( Leachate ) Di Lingkungan Tempat. *Megister Teknik Lingkungan*, 1–114.
- Maulana, A., & Mursiti, S. (2017). Bioremediasi Logam Pb pada Limbah Tekstil dengan Staphylococcus aureus dan Bacillus subtilis. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(3), 256–261.
- Nurjanna, Ahmaddirrahman, M. (2012). Teknik penanganan sampel untuk analisis bakteri. *Balai Penelitian Dan Pengembangan Budidaya Air Payau*, 115–117.
- Paramita, P., Shovitri, M., Kuswytasari, N. D., Limbah, A., Limbah, P., & Biologis, S. (2012). Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 1, 3–6.
- Samantha, R., & Almalik, D. (2019). Kajian Karakteristik Kimia Air Fisika Air dan Debit Sungai PAda Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. <http://www.tjyybjb.ac.cn/CN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=9987>
- 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>
- Sasongko, A. S., Cahyadi, F. D., Yonanto, L., Islam, R. S., & Destiyanti, N. F. (2020). Kandungan logam berat di perairan pulau tunda kabupaten serang provinsi banten. *Manfish Journal*, 1(September), 90–95.

- Subyakto, K. (2015). Azas Ultimum Remedium Ataukah Azas Primum Remedium Yang Dianut Dalam Penegakan Hukum Pidana Pada Tindak Pidana Lingkungan Hidup Pada Uu Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Jurnal Pembaharuan Hukum*, 2(2), 209–213. <http://jurnal.unissula.ac.id/index.php/PH/article/view/1431>
- Sukrorini, T., Budiastuti, S., Ramelan, A. H., & Kafiari, F. P. (2014). Kajian Dampak Timbunan Sampah Terhadap Lingkungan Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Putri Cempo Surakarta. *Jurnal Ekosains*, 6(3), 56–70.
- Vidali. (2013). Bioremediasi Limbah Merkuri dengan Menggunakan Mikroba pada Lingkungan yang Tercemar. *Jurnal Istek*, 5(1), 139–148.
- Widowati. (2015). Profil Penyebaran Logam Berat Di Sekitar Tpa Pakusari Jember. *Skripsi. Universitas Jember.*, 1–70.

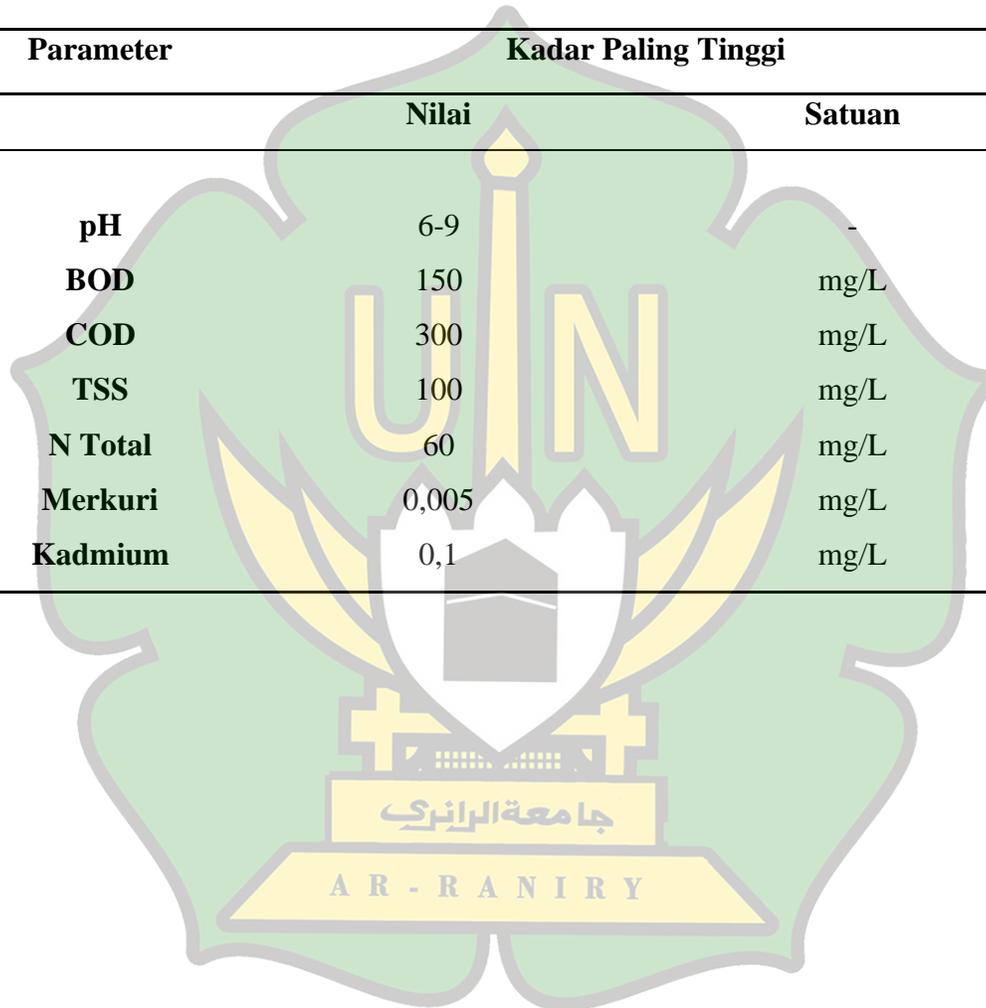


## LAMPIRAN I

### BAKU MUTU

**Lampiran 1.1.** Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Pada Lampiran I.

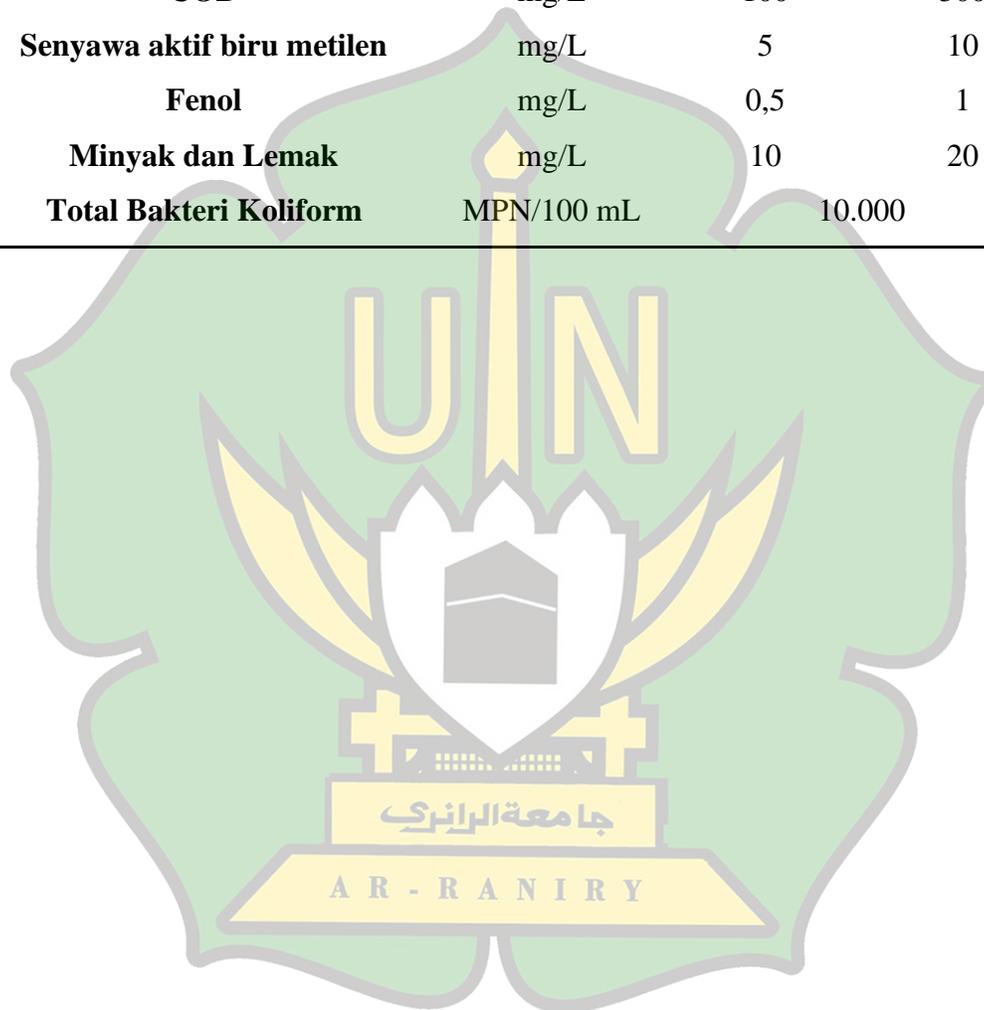
Parameter	Kadar Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
pH	6-9	-
BOD	150	mg/L
COD	300	mg/L
TSS	100	mg/L
N Total	60	mg/L
Merkuri	0,005	mg/L
Kadmium	0,1	mg/L



**Lampiran 1.2.** Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Kegiatan Yang Belum Memiliki Baku Mutu Air Limbah Yang Ditetapkan Pada Lampiran XLVII.

Parameter	Satuan	GOLONGAN	
		I	II
<b>Temperatur</b>	°C	38	40
<b>Zat Padat Larut (TDS)</b>	mg/L	2.000	4.000
<b>Zat Padat Suspensi (TSS)</b>	mg/L	200	400
<b>pH</b>	-	6,0-9,0	6,0-9,0
<b>Besi (Fe)</b>	mg/L	5	10
<b>Mangan Terlarut</b>	mg/L	2	5
<b>Barium (Ba)</b>	mg/L	2	3
<b>Tembaga (Cu)</b>	mg/L	2	3
<b>Krom Heksavalen (<math>Cr^{6+}</math>)</b>	mg/L	0,1	0,5
<b>Krom Total (Cr)</b>	mg/L	0,5	0,1
<b>Cadmium (Cd)</b>	mg/L	0,05	0,1
<b>Air Raksa (Hg)</b>	mg/L	0,002	0,005
<b>Timbal (Pb)</b>	mg/L	0,1	1
<b>Stanum (Sn)</b>	mg/L	2	3
<b>Nikel (Ni)</b>	mg/L	0,2	0,5
<b>Kobalt (Co)</b>	mg/L	0,4	0,6
<b>Sianida (CN)</b>	mg/L	0,05	0,5
<b>Sulfida (H<sub>2</sub>S)</b>	mg/L	0,5	1
<b>Flourida (F)</b>	mg/L	2	3
<b>Klorin bebas (Cl<sub>2</sub>)</b>	mg/L	1	2

<b>Amonia-Nitrogen (NH<sub>3</sub>-N)</b>	mg/L	5	10
<b>Nitrat (NO<sub>3</sub>-N)</b>	mg/L	20	30
<b>Nitrit (NO<sub>2</sub>-N)</b>	mg/L	1	3
<b>Total Nitrogen</b>	mg/L	30	60
<b>BOD<sub>5</sub></b>	mg/L	50	150
<b>COD</b>	mg/L	100	300
<b>Senyawa aktif biru metilen</b>	mg/L	5	10
<b>Fenol</b>	mg/L	0,5	1
<b>Minyak dan Lemak</b>	mg/L	10	20
<b>Total Bakteri Koliform</b>	MPN/100 mL		10.000



## LAMPIRAN II

### HASIL DATA PENELITIAN



**Universitas Islam Negeri Ar-Raniry**  
**Laboratorium Fakultas Sains & Teknologi**  
 Lab Instrumen FST, Lantai 1, Gedung Laboratorium Multifungsi  
 Jl. Syaikh Abdur Rauf, Kopelma Darussalam, Banda Aceh, 23111

**No: B-136/Un.08/FST-Lab/Kp.07.6/9/2022**

### Data Pengujian

1. Nama pengguna layanan : Zakirul Ahmad
2. Tanggal pengujian : 8 - 16 September 2022
3. Nama sampel : Air limbah
4. Jumlah sampel : 6 (enam)
5. Parameter uji : Besi (Fe)
6. Metode uji : AAS - Flame

7. Pengukuran Larutan Standar

No. Std	Kons (mg/L)	Abs
Blank	0,0	0,0000
Std-1	1,0	0,1154
Std-2	2,0	0,2218
Std-3	3,0	0,3226
Std-4	4,0	0,4054

Nilai $r^2$	0,998221
slope	0,10180
Intercept	0,00944



**Kurva Persamaan Garis Linier**

$y = 0,10180x + 0,0094$   
 $R^2 = 0,99822$

8. Evaluasi Pengukuran

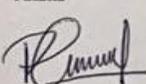
No	Evaluator	Abs	StndKons (mg/L)	fp	Hasil (mg/L)	RSD (%)	Rec (%)
1	Std-7 2 mg/L	0,2190	2,059	1	2,059	0,41	102,62
2	Std-8 2 mg/L	0,2174	2,043	1	2,043	Ok	Ok
3	Std-9 2 mg/L	0,2187	2,056	1	2,056		

RSD < 10 %    Target Rec = 2 mg/L    Batas Rec = 85-115 %

9. Pengukuran Sampel

No	Sampel	Abs	StndKons (mg/L)	fp	Hasil (mg/L)
1	Kontrol 20 jam	0,6893	6,678	1	6,678
2	P.a + lindi 20 jam	0,6081	5,881	1	5,881
3	Kontrol 10 jam	0,7013	6,796	1	6,796
4	P.a + lindi 10 jam	0,5220	5,035	1	5,035
5	Kontrol 30 jam	0,6170	5,968	1	5,968
6	P.a + lindi 30 jam	0,4624	4,450	1	4,450

Analisis



Rizki Kurniawan, S.Si.

Banda Aceh, 16 September 2022

Ka Lab FST



Hadi Kurniawan, S.Si., M.Si.

### LAMPIRAN III

#### ANALISIS DATA

#### 3.1. Presentasi Pengukuran Nilai Logam Besi (Fe)

a. Logam Besi (Fe) Kontrol (Tanpa Perlakuan)

1. Fe (Kontrol) di 10 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{7,2 - 6,796}{7,2} \times 100\%$$

$$= 5,61\%$$

2. Fe (Kontrol) di 20 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{7,2 - 6,779}{7,2} \times 100\%$$

$$= 7,23\%$$

3. Fe (Kontrol) di 30 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{7,2 - 5,968}{7,2} \times 100\%$$

$$= 17,11\%$$

b. Logam Besi (Fe) penambahan *Pseudomonas aeruginosa*

1. Fe Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* di 10 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{7,2 - 5,036}{7,2} \times 100\%$$

$$= 30,05\%$$

2. Fe Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* di 20 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{7,2 - 5,881}{7,2} \times 100\%$$

$$= 18,31\%$$

3. Fe Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* di 30 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{7,2 - 4,450}{7,2} \times 100\%$$

$$= 38,19\%$$

### 3.2. Presentasi Pengukuran nilai COD

a. COD Kontrol (Tanpa Perlakuan)

1. COD Kontrol di 10 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1.432 - 1.430}{1.432} \times 100\%$$

$$= 0,14\%$$

2. COD Kontrol di 20 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1.432 - 1.400}{1.432} \times 100\%$$

$$= 2,23\%$$

## 3. COD Kontrol di 30 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1.432 - 1.393}{1.432} \times 100\%$$

$$= 2,72\%$$

b. COD Penambahan *Pseudomonas aeruginosa*1. COD Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* di 10 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1.432 - 1.392}{1.432} \times 100\%$$

$$= 2,73\%$$

2. COD Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* di 20 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1.432 - 1.383}{1.432} \times 100\%$$

$$= 3,42\%$$

3. COD Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* di 30 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1.432 - 1.301}{1.432} \times 100\%$$

$$= 9,14\%$$

### 3.3. Presentasi Pengukuran Nilai TSS

#### a. TSS Kontrol (Tanpa Perlakuan)

##### 1. TSS Kontrol di 10 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{223 - 221}{223} \times 100\%$$

$$= 0,89\%$$

##### 2. TSS Kontrol di 20 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{223 - 219}{223} \times 100\%$$

$$= 1,79\%$$

##### 3. TSS Kontrol di 30 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{223 - 218}{223} \times 100\%$$

$$= 2,24\%$$

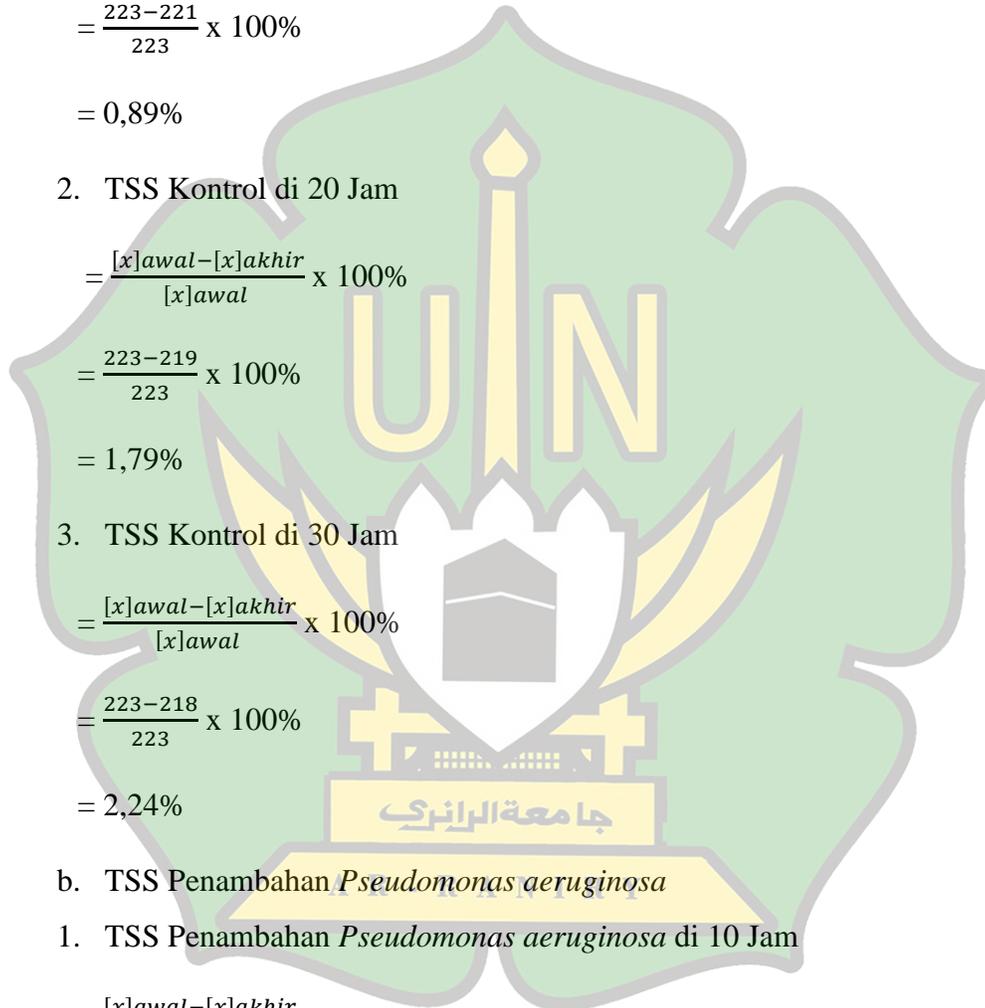
#### b. TSS Penambahan *Pseudomonas aeruginosa*

##### 1. TSS Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* di 10 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{223 - 219}{223} \times 100\%$$

$$= 1,79\%$$



2. TSS Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* di 20 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{223 - 215}{223} \times 100\%$$

$$= 3,58\%$$

3. TSS Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* di 30 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{223 - 213}{223} \times 100\%$$

$$= 4,48\%$$

**3.4. Presentasi Pengukuran Nilai pH**

## a. pH Kontrol (Tanpa Perlakuan)

## 1. pH Kontrol di 10 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{9,6 - 9,5}{9,6} \times 100\%$$

$$= 1,04\%$$

## 2. pH Kontrol di 20 Jam - R A N I R Y

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{9,6 - 9,5}{9,6} \times 100\%$$

$$= 1,04\%$$

## 3. pH Kontrol di 30 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{9,6 - 9,3}{9,6} \times 100\%$$

$$= 3,12\%$$

b. pH Penambahan *Pseudomonas aeruginosa*

1. pH Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* di 10 Jam

$$8 = \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{9,6 - 9,3}{9,6} \times 100\%$$

$$= 3,12\%$$

2. pH Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* di 20 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{9,6 - 9,3}{9,6} \times 100\%$$

$$= 3,12\%$$

3. pH Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* di 30 Jam

$$= \frac{[x]_{awal} - [x]_{akhir}}{[x]_{awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{9,6 - 8,1}{9,6} \times 100\%$$

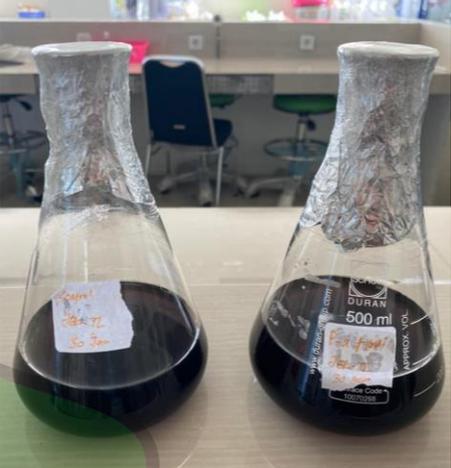
$$= 15,61\%$$

**LAMPIRAN IV**  
**DOKUMENTASI PENELITIAN**

KETERANGAN	GAMBAR
Isolat <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
Sterilisasi Alat-Alat menggunakan oven	
Pembuatan Media Padat (Nutrien Agar)	
Pengadukan dan menghomogenkan larutan NA	

	
<p>Nutrient Agar setelah di Autoklaf</p>	
<p>Proses Penggoresan isolat dengan Nutrient Agar (Peremajaan Isolat).</p>	
<p>Hasil Peremajaan yang telah diinkubasi selama 24 jam</p>	

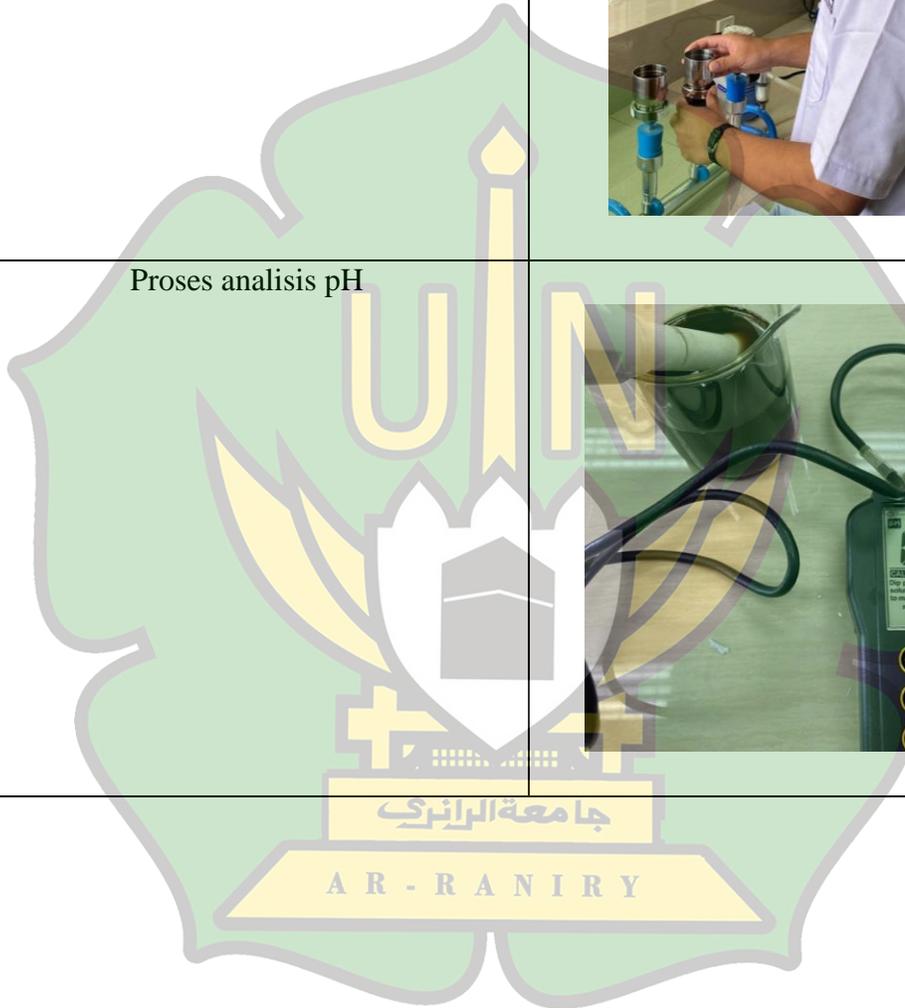
	
Pembuatan Suspensi	
Hasil Pembuatan Suspensi	
Air Lindi yang telah dicampur dengan Suspensi <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	

	
<p>Proses shaker Sampel yang telah dicampur <i>P.aeruginosa</i> (10 Jam, 20 Jam dan 30 Jam).</p>	
<p>Preparasi Sampel dalam pengecekan Fe pada alat AAS</p>	
<p>Hasil Preparasi dan selanjutnyadilakukan analisis Fe menggunakan AAS</p>	

	
Proses analisis Fe Menggunakan AAS	
Proses analisis COD	
Proses analisis TSS	



Proses analisis pH



## RIWAYAT HIDUP



Zakirul Rahmad, Dilahirkan di Desa Tanah Bara Kecamatan Gunung Meriah Kabupaten Aceh Singkil Provinsi Aceh pada hari Kamis tanggal 20 Mei 1999. Anak keenam dari enam bersaudara pasangan dari bapak Abdul Ghani dan ibu Kamariah. Zakirul Rahmad menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Rimo Kecamatan Gunung Meriah Kabupaten Aceh Singkil pada 2011. Pada tahun itu juga melanjutkan Pendidikan Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Gunung Meriah Kecamatan Gunung Meriah Kabupaten Aceh Singkil dan tamat pada tahun 2014, kemudian melanjutkan sekolah menengah Atas di SMA Negeri 1 Gunung Meriah tepatnya di kecamatan Gunung Meriah kabupaten Aceh Singkil dan selesai pada tahun 2017. Pada tahun 2018 Zakirul Rahmad melanjutkan Pendidikan Perguruan Tinggi di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi di Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh Provinsi Aceh dan akan menyelesaikan pendidikan di tahun 2022.

