

**IDENTIFIKASI LOGAM BERAT DAN FITOREMEDIASI
MENGUNAKAN TANAMAN EKOR KUCING (*Typha latifolia*)
PADA AIR LINDI
(Studi Kasus Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Blang Bintang, Aceh Besar)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**RONAL ZIA ULHAQ
160702108
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M / 1443 H**

LEMBARAN PERSETUJUAN
IDENTIFIKASI LOGAM BERAT DAN FITOREMEDIASI
MENGGUNAKAN TANAMAN EKOR KUCING (*Typha latifolia*)
PADA AIR LINDI
(Studi Kasus Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Blang Bintang, Aceh Besar)

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
dalam Ilmu/Prodi Teknik Lingkungan

Oleh:

RONAL ZIA ULHAQ

NIM. 160702108

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Disetujui untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I,



Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc
NIDN: 2015118002

Pembimbing II,



Dr. Eng. Nur Aida, M.Si
NIDN: 2016067801

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Husnawati Yahya, S.Si. M.Sc
NIDN: 2009118301

LEMBARAN PENGESAHAN
IDENTIFIKASI LOGAM BERAT DAN FITOREMEDIASI
MENGGUNAKAN TANAMAN EKOR KUCING (*Typha latifolia*)
PADA AIR LINDI

(Studi Kasus Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Blang Bintang, Aceh Besar)

TUGAS AKHIR

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan dinyatakan Lulus
Serta diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal : Sabtu, Desember 2022
6 Jumadil Akhir 1444 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,



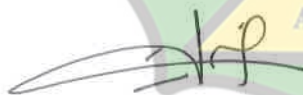
Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc
NIDN: 2015118002

Sekretaris,



Dr. Eng Nur Aida, M.Si
NIDN: 2016067801

Penguji I,



Eriawati, M.Pd
NIDN: 2026118102

Penguji II,



Arief Rahman, S.T.,M.T
NIDN: 2010038901

Mengetahui:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh,



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU
NIP: 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Ronal Zia Ulhaq

Nim : 160702108

Program Studi : Teknik Lingkungan

Judul : Identifikasi Logam Berat Dan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Ekor Kucing (*Typha Latifolia*) Pada Air Lindi (Studi Kasus Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Blang Bintang, Aceh Besar).

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penelitian skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu mempertanggungjawabkan atas karya ini.

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

Demikian pernyataan saya ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 08 Januari 2023

Yang menyatakan



(Ronal Zia Ulhaq)

ABSTRAK

Nama : Ronal Zia Ulhaq
Nim : 160702108
Program Studi : Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi (FST)
Judul : Identifikasi Logam Berat Dan Fitoremediasi
Menggunakan Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*)
Pada Air Lindi (Studi Kasus Di Tempat Pembuangan
Akhir (TPA) Blang Bintang, Aceh Besar).
Tanggal Sidang : 30 Desember 2022
Tebal Skripsi : 75 Halaman
Pembimbing I : Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc
Pembimbing II : Dr. Eng. Nur Aida, M.Si
Kata Kunci : Tempat Pembuangan Akhir TPA, Air Lindii
Fitoremediasi, Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*).

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Blang Bintang, Aceh Besar merupakan salah satu lokasi pembuangan sampah yang terdapat di Provinsi Aceh. TPA Blang Bintang melakukan pengolahan secara aerobik. Metode yang dapat digunakan untuk meremediasi air lindi TPA adalah dengan menggunakan tanaman (fitoremediasi) Ekor Kucing (*Typha latifolia*). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi logam berat pada air lindi TPA Blang Bintang, Aceh Besar serta untuk mengetahui efektivitas tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*), dalam menurunkan kadar logam berat pada air lindi TPA Blang Bintang, Aceh Besar. Pada penelitian ini menggunakan media tanam (tanah) setinggi 5 cm. Sampel yang dianalisis pada tumbuhan Ekor Kucing (*Typha latifolia*) yaitu akar dan daun selama 9 hari proses fitoremediasi. Untuk pengujian logam Besi (Fe) menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Dari hasil penelitian akumulasi logam berat Fe di daun mengalami kenaikan secara bertahap mulai dari hari ke-3 hingga pada hari ke-9 dengan nilai tertinggi pada hari ke-9 yaitu sebesar 0,83 µg/g dan akumulasi logam berat pada akar di minggu kedua lebih rendah dibandingkan dengan hari ke-3 dan hari ke-6 dengan akumulasinya sebesar 0,78 µg/g. Sedangkan untuk kualitas air lindi TPA sudah sesuai yang diharapkan karena memenuhi baku mutu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solusi Per Aqua dan Pemandian Umum.

ABSTRACT

Name : Ronal Zia Ulhaq
Student ID : 160702108
Study Program : Environmental Engineering, Faculty Science and
Technology (FST)
Title : Identification of Heavy Metals and Phytoremediation
Using Cat's Tail Plant (Typha latifolia) in Leachate Water
(Case Study at Blang Bintang Final Disposal Site, Aceh
Besar).
Defense Date : 30 December 2022
Number of Pages : 75 Page
Thesis Advisor I : Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc
Thesis Advisor II : Dr. Eng. Nur Aida, M.Si
Key Words : Final Disposal Site for TPA, Leachate Water,
Phytoremediation, Cat's Tail Plant (Typha latifolia).

The Blang Bintang Final Disposal Site (TPA), Aceh Besar is one of the waste disposal sites in Aceh Province. TPA Blang Bintang performs aerobic processing. The method that can be used to remediate TPA leachate is to use the Cat's Tail (Typha latifolia) plant (phytoremediation). This study aims to identify heavy metals in the leachate of Blang Bintang Landfill, Aceh Besar and to determine the effectiveness of the Cat's Tail (Typha latifolia) plant in reducing heavy metal levels in the leachate of Blang Bintang Landfill, Aceh Besar. In this study using a planting medium (soil) as high as 5 cm. The samples analyzed were the cat's tail plant (Typha latifolia), namely the roots and leaves for 9 days of the phytoremediation process. For testing the metal Iron (Fe) using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). From the results of the study the accumulation of heavy metal Fe in the leaves increased gradually starting from the 3rd day to the 9th day with the highest value on the 9th day which was 0.83 µg/g and the accumulation of heavy metals in the roots in the second week lower than the 3rd and 6th day with an accumulation of 0.78 µg/g. Meanwhile, the quality of TPA leachate is as expected because it meets the quality standards in the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia Number 32 of 2017 concerning Environmental Health Quality Standards and Water Health Requirements for Sanitation Hygiene, Swimming Pools, Per-Aqua Solutions and Public Baths.

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT, Dia-lah yang telah menganugerahkan al-Qur'an sebagai *hudan lin nas* (petunjuk bagi seluruh manusia) dan *rahmatan lil'alamin* (rahmat bagi segenap alam). Dia-lah yang Maha Mengetahui makna dan maksud kandungan Al-Qur'an. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad s.a.w utusan dan manusia pilihan, dialah penyampai, pengamal dan pentafsir pertama Al-Qur'an.

Dengan pertolongan dan hidayah Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh sarjana di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Selama persiapan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis tak lupa mengucapkan terima kasih kepada Orang Tua, Kakak, Adik, dan keluarga besar saya yang selalu mendoakan penulis serta memberikan dukungan penuh kepada penulis dalam mengerjakan penelitian ini, serta kepada :

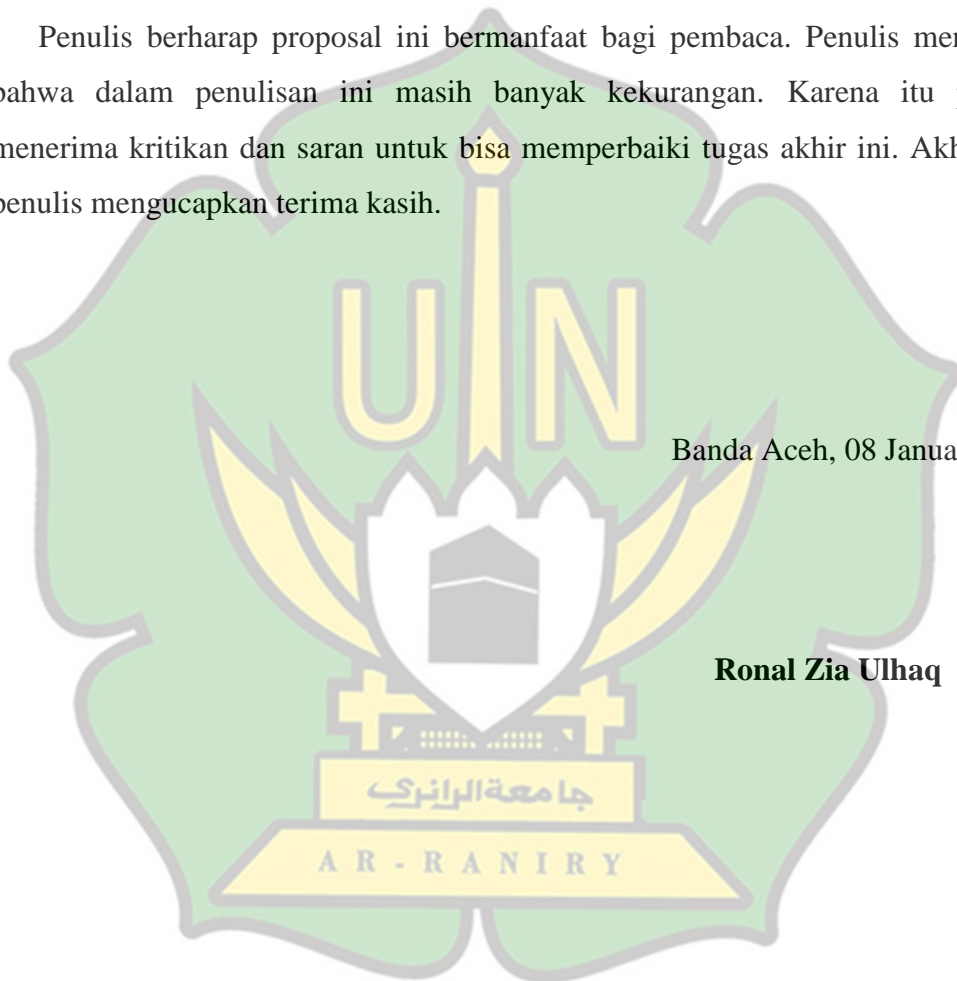
1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.SI. M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh sekaligus sebagai Dosen Penasehat Akademik saya.
4. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc., selaku dosen pembimbing I Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Banda Aceh.
5. Ibu Dr. Eng. Nur Aida, M.Si., selaku dosen pembimbing II Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Banda Aceh.

6. Ibu Firda dan Kak Nurul yang telah membantu dalam pembuatan syarat-syarat yang diperlukan dalam penyelesaian tugas akhir saya.
7. Teman-teman angkatan 2016 teknik lingkungan yang telah memberikan masukan dalam proses pembuatan tugas akhir ini.
8. Dan semua pihak yang telah terlibat dalam proses pembuatan Proposal ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis berharap proposal ini bermanfaat bagi pembaca. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih banyak kekurangan. Karena itu penulis menerima kritikan dan saran untuk bisa memperbaiki tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 08 Januari 2023

Ronal Zia Ulhaq



DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tempat Pembuangan Akhir (TPA)	5
2.2 Pencemaran Logam Berat	8
2.3 Fitoremediasi.....	9
2.4 Pencemaran Lingkungan	10
2.5 Tanaman Ekor Kucing (<i>Typha latifolia</i>).....	11
2.6 Baku Mutu	13
2.7 Faktor Translokasi	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Metode Penelitian	18
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	18
3.3 Alat dan Bahan.....	19
3.4 Prosedur Percobaan dan Pengujian	20
3.5 Prosedur Penelitian	21
3.6 Eksperimen Fitoremediasi	23
3.7 Pengukuran Parameter Uji	23
3.8 Analisis Data	26
3.9 Kerangka Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Hasil	28
4.2 Pembahasan.....	32
BAB V PENUTUP.....	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN I	47
LAMPIRAN II.....	54
LAMPIRAN III.....	59
LAMPIRAN IV	60
LAMPIRAN IV	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Ekor Kucing (<i>Typha latifolia</i>)	12
Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Air Lindi TPA Blang Bintang, Aceh Besar	18
Gambar 3.2 Lokasi Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry.....	19
Gambar 3.3 Tempat Pengambilan Sampel Air Lindi TPA Blang Bintang, Aceh Besar	20
Gambar 3.4 Kerangka Alur Penelitian	27
Gambar 4.1 Grafik Pengamatan Perubahan Tanaman Ekor Kucing (<i>Typha latifolia</i>) Selama 9 Hari	29
Gambar 4.2 Grafik Pengamatan Kandungan Kadar Fe Pada Air Lindi Selama Proses Fitoremediasi Tanaman Ekor Kucing (<i>Typha latifolia</i>) Selama 9 Hari	32
Gambar 4.3 Grafik Nilai Faktor Translokasi (FT) Pada Tanaman Ekor Kucing (<i>Typha latifolia</i>)	38
Gambar 4.4 Grafik Kadar Akumulasi Fe Pada Akar Tanaman Ekor Kucing (<i>Typha latifolia</i>)	39
Gambar 4.5 Grafik Kadar Akumulasi Fe Pada Daun Tanaman Ekor Kucing (<i>Typha latifolia</i>)	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Lindi	13
Tabel 3.1 Hasil Kandungan Logam Berat Pada Air Lindi TPA Blang Bintang, Aceh Besar.Desain Eksperimen.....	21
Tabel 3.2 Desain Eksperimen	23
Tabel 4.1 Hasil Eksperimen Fitoremediasi Tanaman Ekor Kucing (<i>Typha latifolia</i>)	28
Tabel 4.2 Data pengamatan terhadap perubahan Tanaman Ekor Kucing (<i>Typha latifolia</i>) Selama 9 Hari.....	29
Tabel 4.3 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Ekor Kucing (<i>Typha latifolia</i>) Selama 9 Hari	30
Tabel 4.4 Hasil Analisa Besi (Fe) Pada Air Lindi Setelah Proses Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Ekor Kucing (<i>Typha latifolia</i>)	32
Tabel 4.5 Hasil Analisa Dan Nilai Persentase Penurunan Kadar Logam Berat Besi (Fe) Pada Air Lindi Setelah Proses Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Ekor Kucing (<i>Typha latifolia</i>)	33
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran pH Air.....	41



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk Indonesia yang sangat pesat menyebabkan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia sehingga mengakibatkan bertambahnya jumlah sampah yang dihasilkan. Seiring dengan meningkatnya populasi penduduk semakin besar potensi terjadinya pencemaran lingkungan. Banyaknya sampah tergantung pada kepadatan penduduk suatu daerah. Berbagai aktivitas yang dilaksanakan oleh lapisan masyarakat dapat memberikan berbagai jenis pencemar. Logam berat merupakan salah satu pencemar lingkungan yang menjadi perhatian serius saat ini. Logam berat ini memiliki persoalan yang sangat spesifik terhadap makhluk hidup melalui rantai makanan (Agusetyadevy., 2016).

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Blang Bintang, Aceh Besar merupakan salah satu lokasi pembuangan sampah yang terdapat di Provinsi Aceh. TPA Blang Bintang melakukan pengolahan secara aerobik yaitu pengolahan dengan menggunakan aerator pada kolam aerasi untuk menambahkan kadar oksigen sebelum nantinya akan dialirkan ke badan air, aerator pada kolam aerasi ini tidak dijalankan secara kontinyu, sehingga kurang maksimal proses pengolahannya. Lindi yang sudah diolah dialirkan ke sungai. Sebagian masyarakat yang tinggal di daerah sungai menggunakan air untuk mencuci bahkan mandi. TPA Blang Bintang juga mendapatkan kritikan dari camat mewakili masyarakat sekitar untuk menyampaikan bahwa masyarakat keberatan atas berubahnya warna dari air sungai tersebut dari sebelumnya (Bella, 2018).

Proses dekomposisi mengubah sampah menjadi pupuk organik dan menghasilkan hasil berupa lindi. Lindi adalah sejenis cairan yang disebabkan oleh air luar yang masuk ke tempat pembuangan sampah, yang dapat melarutkan zat-zat terlarut, termasuk bahan organik yang dihasilkan oleh dekomposisi biologis. Aktivitas kimia, fisik dan biologi Selain faktor-faktor tersebut, ada beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas lindi, yaitu musim dan kondisi curah hujan, serta umur TPA. Air lindi perlu diolah untuk mencegah dan mengurangi dampak

negatifnya, jika tidak dikelola dengan baik akan menyebabkan pencemaran lingkungan dan mengganggu organisme (Haryati, 2012).

Metode alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi pencemaran adalah fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan satu-satunya metode pengolahan limbah yang menggunakan tanaman sebagai indikator, mudah dikelola atau diterapkan, biaya tidak mahal dan tanaman yang digunakan juga melimpah di alam. Fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan dan bagian tumbuhan tersebut untuk memurnikan limbah dan polutan lainnya. Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman ini telah melalui tiga proses, yaitu diserap oleh akar, kemudian dipindahkan dari akar ke batang dan daun serta bagian tanaman lainnya, kemudian terus berada di bagian sel tertentu, agar tidak menghambat metabolisme logam berat (Ardilla dkk, 2012).

Tumbuhan *hyperaccumulator* dapat digunakan sebagai pengangkut atau mengurangi pencemaran dengan penurunan yang cukup baik. Selain itu, pengurangan pencemaran dengan *hyperaccumulator* yang diakibatkan oleh aktivitas yang bersumber dari akar. Dengan demikian, secara otomatis dapat menyuburkan tanah karena tumbuhan ini dapat meregulasi dari akar hingga ke pucuk daun. Karena dapat mengeluarkan asam organik yang dapat meningkatkan kesuburan dari biologi, kimia dan fisika pada tanah (Elawati, 2015).

Salah satu tanaman yang dapat mengurangi pencemar lingkungan yang berdampak pada badan air yaitu logam berat adalah Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*), yang merupakan tanaman liar dan banyak ditemukan di rawa pasang surut. Kemampuan mereduksi dalam mengangkut zat polutan pada tumbuhan seperti logam berat sampai hari ini telah banyak dilakukan. Tumbuhan air seperti *hyperaccumulator* hingga saat ini ketersediaannya masih sangat terbatas. Dengan ketersediaan tumbuhan tersebut memberikan peluang sebagai bahan penelitian di masa mendatang. Teknik fitoremediasi yang telah digunakan dalam beberapa penelitian terdahulu terbukti keefektifannya karena penggunaannya selain mudah tumbuhan ini juga ramah lingkungan. Kemampuan penyerapan logam berat terhadap tumbuhan telah diteliti oleh (Elawati, 2015).

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti tertarik untuk mengidentifikasi Logam Berat Dan Fitoremediasi menggunakan tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) pada air lindi TPA Blang Bintang Aceh Besar sehingga aman jika dilepaskan ke lingkungan perairan dan sesuai dengan baku mutu yang telah ditentukan pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solusi Per Aqua dan Pemandian Umum.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian-uraian diatas maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu sebagai berikut :

1. Apa saja kandungan logam berat pada air lindi TPA Blang Bintang, Aceh Besar?
2. Bagaimana efektivitas tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*), dalam menurunkan kadar logam berat pada air lindi TPA Blang Bintang, Aceh Besar?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui informasi kandungan logam berat pada air lindi TPA Blang Bintang, Aceh Besar.
2. Mengetahui efektivitas tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*), dalam menurunkan kadar logam berat pada air lindi TPA Blang Bintang, Aceh Besar.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

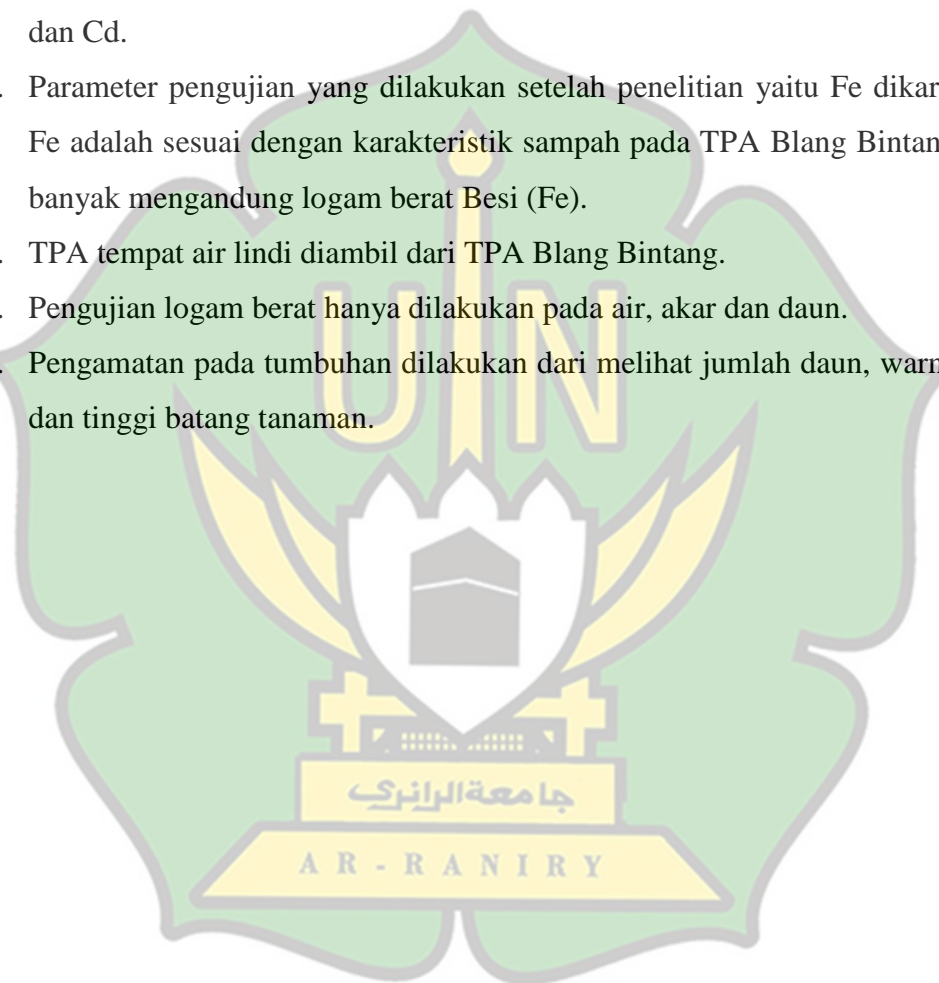
1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kandungan logam berat dan fitoremediasi menggunakan tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) dalam menurunkan kadar logam berat yang tercemar pada air lindi TPA Blang Bintang, Aceh Besar.

2. Dapat mengurangi pencemaran terhadap perairan maupun daratan yang tercemar akibat pencemaran melalui air lindi TPA.

1.5 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat batasan-batasan penelitian yaitu :

1. Pengujian awal logam berat yang dilakukan dari TPA adalah Fe, Pb, Zn, Hg, dan Cd.
2. Parameter pengujian yang dilakukan setelah penelitian yaitu Fe dikarenakan Fe adalah sesuai dengan karakteristik sampah pada TPA Blang Bintang yang banyak mengandung logam berat Besi (Fe).
3. TPA tempat air lindi diambil dari TPA Blang Bintang.
4. Pengujian logam berat hanya dilakukan pada air, akar dan daun.
5. Pengamatan pada tumbuhan dilakukan dari melihat jumlah daun, warna daun dan tinggi batang tanaman.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

Berbagai material yang bersumber dari tumpukan sampah yang merupakan kegiatan dan aktivitas manusia baik dari rumah tangga maupun industri. Produksi sampah yang terus meningkat pada suatu daerah tidak terlepas dari populasi penduduk yang terus meningkat sehingga aktivitas masyarakat juga meningkat. Kota-kota besar di Indonesia saat ini pengelolaan sampah masih bersifat konvensional. Proses yang dilakukan sampah diletakan pada tempat terbuka dan dibiarkan membusuk sendirinya tanpa ada tindakan. Tempat ini seperti TPA pada suatu kawasan yang telah disentralisasikan yang berjarak jauh dari perkampungan atau pusat kota menggunakan kode *sanitary landfill*. Namun demikian dengan menjauhkan TPA dari pusat perkampungan atau pusat kota bukan berarti permasalahan telah selesai. Dengan membiarkan sampah itu membusuk sendirinya berbahaya terhadap lingkungan disekitarnya. Permasalahan yang ditimbulkan terutama polusi udara, karena bau sampah yang telah membusuk ini dapat menghasilkan air lindi jika disirami air hujan. Selain itu juga mengakibatkan dampak penyakit karena sampah organik yang telah membusuk (Bella, 2018).

TPA yang telah dicemari oleh air lindi dapat disebabkan oleh air hujan yang membasahi sampah yang menumpuk. Zat pengotor dari air lindi bersifat toksik yang terdapat pada tumpukan sampah yang berasal hasil pembuangan industri. Selain itu, juga dapat diakibatkan oleh debu, limbah rumah tangga, lumpur, atau komposisi yang berbahaya yang secara normal terdapat pada sampah. Jika tidak segera diatasi TPA yang telah terpenuhi air lindi dapat berakibatkan pada lingkungan, terutama pada permukaan air (Sari & Afdal, 2017).

2.1.1 Air Lindi

Air lindi merupakan cairan dari limbah yang mengandung unsur terlarut dan tersuspensi. Lindi adalah cairan yang keluar dari tumpukan sampah, yang merupakan bentuk pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh tumpukan

sampah. Sampah yang tertimbun di lokasi TPA (Tempat Pembuangan Akhir) mengandung bahan organik, jika hujan akan menghasilkan air resapan dengan kandungan mineral dan organik yang tinggi, jika kondisi aliran lindi memungkinkan mengalir ke permukaan dapat berdampak negatif. berdampak pada lingkungan sekitar, termasuk bagi manusia (Patandungan, 2014).

Air lindi (*leachate*) adalah zat cair yang menyebabkan sampah terurai dan memiliki bau yang sangat menyengat. Kandungan lindi sangat berbahaya, terutama jika berasal dari limbah yang bercampur dengan limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun). Tanpa perlakuan khusus, lindi akan mencemari sumur/air tanah, air sungai dan air laut, serta menyebabkan kematian organisme laut. Baterai bekas (digunakan pada senter, kamera, sepatu dan jam tangan yang menyala) mengandung merkuri dan kadmium (Cd), B3 berbahaya bagi tubuh manusia karena dapat menyebabkan penyakit saraf, cacat lahir pada bayi, kerusakan sel hati atau ginjal dan Jika dibuang di sembarang tempat, akan meresap ke dalam sumur penduduk, yang dapat mencemari lingkungan. Perlu menggunakan prinsip fitoremediasi melalui media filter untuk mengolah lindi untuk mengurangi tingkat pencemaran atau patogen (Ulfani, 2019).

Air lindi yang berada dipermukaan tanah dapat menimbulkan polusi pada air tanah dan air permukaan, hal ini dikemukakan oleh (Ulfani, 2019), sebagai berikut:

1. Air permukaan yang terpolusi oleh air lindi dengan kandungan zat organik tinggi, pada proses penguraian secara biologis akan menghabiskan kandungan oksigen dalam air dan akhirnya seluruh kehidupan dalam air yang tergantung oleh keberadaan oksigen terlarut akan mati.
2. Air tanah yang terpolusi oleh air lindi dengan konsentrasi tinggi, polutan tersebut akan berada dan tetap ada pada air tanah tersebut dalam jangka waktu yang lama, karena terbatasnya oksigen terlarut sehingga sumber air yang berasal dari air tanah tidak sesuai lagi untuk air bersih.

2.1.2 Karakteristik Air Lindi

Sifat lindi atau lindi bervariasi tergantung pada proses yang berlangsung di TPA, meliputi proses fisik, kimia, dan biologi. Meskipun faktor-faktor yang mempengaruhi proses TPA meliputi jenis sampah, lokasi TPA, hidrogeologi, dan sistem operasi, faktor-faktor ini sangat bervariasi dari satu tempat pembuangan ke tempat pembuangan lainnya, serta di tempat pembuangan. Aktivitas dan proses biologis aerobik dan aerobik yang terjadi dalam proses anaerobik. Hal ini juga akan mempengaruhi produk yang dihasilkan dari proses dekomposisi, seperti kualitas dan kuantitas lindi dan gas. Misalnya, jika TPS mengakumulasi sampah organik dalam jumlah besar, sifat lindi yang dihasilkan akan mengandung zat organik tinggi, disertai dengan bau (Hidayat, 2015).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengetahui karakteristik lindi, secara umum hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa parameter lindi yaitu komponen yang mengandung BOD dan COD jauh lebih besar dibandingkan dengan air limbah. Lindi dari TPA baru biasanya memiliki kandungan asam lemak volatil dan rasio BOD dan COD yang lebih tinggi, sedangkan lindi dari TPA lama mengandung konsentrasi BOD, COD dan polutan yang lebih rendah (Hidayat, 2015).

Hal ini karena dari timbunan sampah baru biasanya terjadi biodegradasi dengan sangat cepat, yang ditandai dengan meningkatnya produksi asam dan rendahnya pH lindi, sehingga menghasilkan kemampuan yang kuat untuk melarutkan bahan-bahan dalam sampah oleh air. Perbandingan BOD dengan COD di timbunan sampah baru akan berkisar antara 0,4% dan 0,8%, dan nilai ini akan lebih besar selama tahap produksi metana. Degradasi sampah di TPA disebabkan oleh proses biologis. Perubahan fisik dan kimia serta produksi lindi dan produk gas berhubungan langsung dengan aktivitas biologis TPA (Hasibuan, 2015).

Komposisi air lindi sangat bervariasi karena proses pembentukannya dipengaruhi oleh karakteristik sampah (organik-anorganik), mudah tidaknya penguraian (larut-tidak larut), kondisi tumpukan sampah (suhu, pH, kelembaban, umur), karakteristik sumber air (kuantitas dan kualitas air yang dipengaruhi iklim

dan hidrogeologi), komposisi tanah penutup, ketersediaan nutrisi dan mikroba dan kehadiran inhibitor (Juhriah dan Alam, 2016).

Selain itu Sulinda (2004) menyatakan bahwa proses penguraian bahan organik menjadi komponen yang lebih sederhana oleh mikroorganisme aerobik dan anaerobik pada lokasi pembuangan sampah dapat menjadi penyebab terbentuknya gas dan air lindi. Sebagian besar limbah yang dibuang pada lokasi pembuangan sampah adalah padatan. Limbah tersebut berasal dari berbagai sumber yang berbeda dengan tipe limbah yang berbeda pula, sehingga setiap air lindi memiliki karakteristik tertentu (Juhriah dan Alam, 2016)

Kuantitas dan kualitas air lindi juga dapat dipengaruhi oleh iklim. Infiltrasi air hujan dapat membawa kontaminan dari tumpukan sampah dan memberikan kelembaban yang dibutuhkan bagi proses penguraian biologis dalam pembentukan air lindi. Meskipun sumber dari kelembabannya mungkin dibawa oleh sampah masukannya, tetapi sumber utama dari pembentukan air lindi ini adalah adanya infiltrasi air hujan. Jumlah hujan yang tinggi dan sifat timbunan yang tidak *solid* akan mempercepat pembentukan dan meningkatkan kuantitas air lindi yang dihasilkan umur tumpukan sampah juga bisa mempengaruhi kualitas air lindi dan gas yang terbentuk. Perubahan kualitas air lindi dan gas menjadi parameter utama dalam mengetahui tingkat stabilisasi tumpukan sampah. Oleh karena itu, komposisi kimiawi air lindi dan kekuatan bahan pencemar organik yang dihasilkan bervariasi untuk tiap lokasi pembuangan sampah (Andrian, 2018) (Andrian, 2018).

2.2 Pencemaran Logam Berat

Pencemaran logam berat menjadi salah satu masalah yang serius terhadap lingkungan, penggunaan logam berat melalui ekstraksi dan pengolahan bijih logam menyebabkan terjadinya pelepasan unsur logam ke dalam lingkungan. Masalah pencemaran logam berat menjadi lebih parah seiring dengan meningkatnya industri dan gangguan siklus biogeokimia alami. Sebagian besar unsur logam tidak mengalami degradasi biologi atau kimia. Tidak seperti pencemar organik yang dapat teroksidasi karbon dioksida oleh mikroba (Handayanto dkk, 2017).

Sungai merupakan suatu bentuk ekosistem akuatik yang mempunyai peran penting dalam daur hidrologi dan berfungsi sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*) bagi daerah di sekitarnya, sehingga kondisi suatu sungai sangat dipengaruhi oleh karakteristik yang dimiliki oleh lingkungan di sekitarnya. Sungai juga merupakan tempat yang mudah dan praktis untuk pembuangan limbah, baik padat maupun cair, sebagai hasil dari kegiatan rumah tangga, industri rumah tangga, garmen, peternakan, perbengkelan, dan usaha lainnya. Dengan adanya pembuangan berbagai jenis limbah dan sampah yang mengandung beraneka ragam jenis bahan pencemar ke badan perairan, baik yang dapat terurai maupun yang tidak dapat terurai akan menyebabkan semakin berat beban yang diterima oleh sungai tersebut. Salah satu pencemar yang menyebabkan rusaknya tatanan lingkungan hidup yaitu limbah yang mengandung logam berat (Andrian, 2018).

2.3 Pencemaran Lingkungan

Air lindi yang terpapar dalam volume tinggi di tanah dapat menyerap hingga menyentuh pori-pori tanah. Dampaknya, air tanah yang banyak dimanfaatkan masyarakat melalui air sumur pun ikut tercemar. Hal ini tentunya sangat merugikan, mengingat air tanah masih menjadi salah satu sumber air utama bagi masyarakat Indonesia, khususnya yang berada di wilayah yang masih kesulitan akses air bersih.

Air lindi yang tidak melalui pengolahan sebelum dibuang ke badan air ternyata juga dapat merusak lingkungan. Limbah cair ini dapat mengubah komposisi dari badan air, yang dapat berdampak pada matinya ekosistem air yang terdiri dari flora dan fauna. Apalagi jika air lindi tersebut mengandung zat beracun, tentunya keseimbangan ekosistem dapat terganggu dan dapat menimbulkan dampak jangka panjang seperti krisis air tanah atau juga punahnya suatu spesies.

Air lindi biasanya berbau menyengat yang dapat menimbulkan ketidaknyamanan bagi lingkungan sekitar. Hal ini tidak hanya dapat mempengaruhi warga sekitar saja, tapi juga banyak bisnis. Contohnya seperti bisnis perhotelan dan juga warung makan yang terpapar bau tidak sedap dari air

lindi, dapat saja mengalami penurunan pelanggan akibat lokasi bisnisnya berada di sekitar sumber limbah tersebut.

2.4 Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tumbuhan untuk mengusir atau mendegradasi bahan pencemar tanah seperti logam berat, pestisida, polyaromatic hydrocarbons, dan lindi dari timbunan sampah landfill. Tumbuhan telah digunakan untuk menstabilkan dan mengambil logam pencemar dari tanah dan air (Juhriah dan Alam, 2016). Fitoremediasi adalah proses pengolahan pencemar menggunakan tumbuhan, termasuk pohon, rumput dan tumbuhan air. Proses pencucian bisa menggunakan cara inaktivasi ataupun imobilisasi zat polutan menjadi bentuk yang tidak berbahaya. Fitoremediasi merupakan salah satu teknik remediasi logam berat yang cukup murah, efisien, dan ramah lingkungan dalam penggunaannya untuk mengurangi akumulasi logam di lahan tercemar sehingga merupakan solusi untuk remediasi beberapa daerah yang tercemar logam berat (Hernahadini dkk, 2020).

Mekanisme kerja fitoremediasi mencakup beberapa macam proses diantaranya *fitoekstraksi*, *rhizofiltrasi*, *fitodegradasi*, *fitostabilisasi* dan *fitovolatilisasi*. Menurut (Nurfitriana, 2019) pengertian dari beberapa macam proses fitoremediasi sebagai berikut:

a. Fitoekstraksi

Fitoekstraksi adalah proses penyerapan logam berat oleh akar tanaman dan mengumpulkan logam-logam berat yang sudah diserap ke bagian-bagian tanaman seperti akar, batang dan daun. Pada proses ini tumbuhan hiperakumulator juga diperlukan untuk meningkatkan kapasitas penyerapan tumbuhan pada limbah di lingkungan.

b. Rhizofiltrasi

Rhizofiltrasi adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar tanaman agar menempel kemudian menyerap, mengendapkan, dan

mengakumulasi logam berat dari sumber limbah. Metode ini biasanya digunakan pada limbah cair.

c. *Fitodegradasi*

Fitodegradasi atau yang biasa disebut dengan *enhanced rhizosphere biodegradation* adalah penguraian atau metabolisme zat-zat kontaminan (logam berat) pada limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroba dan enzim seperti dehidrogenase dan oksigenasi yang berada di sekitar akar tumbuhan. Contohnya *fungi* (jamur), ragi ataupun bakteri.

d. *Fitostabilisasi*

Fitostabilisasi adalah kapasitas tanaman dalam mengeluarkan (eksresi) suatu zat senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi logam berat di daerah akar (*rizosfer*) atau penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak dapat terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut akan menempel erat pada akar (stabil) dan tidak akan terbawa oleh aliran air.

e. *Fitovolatilisasi*

Fitovolatilisasi adalah proses tanaman menyerap zat kontaminan logam berat dan melepaskannya (transpirasi) ke udara lewat daun yang terlebih dahulu sudah mengalami degradasi sehingga tidak lagi berbahaya jika dilepaskan ke udara.

2.5 Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*)

Typha latifolia atau tanaman “Ekor Kucing” merupakan tanaman yang memiliki bentuk batang yang panjang dan ramping. Selain itu, tanaman ini juga memiliki bunga unik yang berbentuk silinder dan berbulu menyerupai bentuk ekor kucing. Tanaman ini umumnya hidup di dalam atau di dekat air yang dangkal. Tanaman *Typha latifolia* dapat ditemukan hampir di semua lahan basah, mulai dari rawa, padang rumput basah, tepi danau, sawah hingga parit pinggir jalan. Tanaman ini adalah spesies tanaman indikator lahan basah. *Typha latifolia* biasanya hidup pada air yang dangkal dibanding dengan *Typha angustifolia* (Sulinda, 2016).

2.5.1 Klasifikasi Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*)

Adapun klasifikasi Ekor Kucing (*Typha latifolia*) menurut (Sulinda, 2016) yaitu:

Kingdom : *Plantae*
 Divisi : *Magnoliophyta*
 Sub-divisi : *Minikotil*
 Kelas : *Liliopsida*
 Ordo : *Poales*
 Famili : *Typhaceae*
 Genus : *Typha*
 Spesies : *Typha latifolia* L.



Gambar 2.1 Ekor Kucing (*Typha latifolia*)
 Sumber : Google

Sedangkan ilustrasi Ekor Kucing dapat dilihat pada Gambar 2.1.

2.5.2 Morfologi Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*)

Tanaman ekor kucing (*Typha latifolia*) mempunyai kemampuan bertahan hidup (adaptasi) dengan tingkat keasaman yang rendah dan mendominasi di area settling pond dan sebagai pembanding juga digunakan jenis tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) yang diketahui merupakan jenis tanaman yang mempunyai kemampuan adaptasi di daerah asam dan mempunyai kemampuan memfiltrasi Fe. Fe dan Mn di lingkungan.

Tanaman ekor kucing (*Typha latifolia*) telah digunakan pada pengujian penurunan konsentrasi Fe dari air limbah batubara karena tumbuhan ini memiliki kemampuan untuk hidup pada tingkat keasaman yang rendah dan sering berada di area settling pond (penampungan air tambang). Perlakuan menunjukkan hasil yang bahwa penyerapan Fe pada sedimen mengalami penurunan awal sebesar 23.075 mg/kg dan menjadi 18.651,11 mg/kg dimana turun sebesar 4.423,9 mg/kg dan terakhir sebesar 19,2%.

Bunga *Typha latifolia* bisa digunakan untuk mengusir nyamuk dengan cara dibakar dan asapnya memiliki aroma bau yang khas. *Typha latifolia* mampu menyerap kandungan logam di air limbah. Tanah yang baik digunakan untuk tanaman ini adalah *hydric soil* yang merupakan tanah yang lama tergenang di air. Tumbuhan ini untuk mendukung pertumbuhannya membutuhkan air yang banyak untuk keberlangsungan sistem biotiknya karena banyak hewan yang hidup di

lahan *Typha latifolia* (Zamhar, 2015). Menurut (Zamhar, 2015) tanaman *Typha latifolia* juga dapat menjadi indikator keseimbangan *nutrient* dalam suatu ekosistem. Selain itu tanaman ini dengan sistem perakaran yang banyak dan kuat dapat membantu menstabilisasi sungai dengan menyerap bahan organik dan membatasi erosi tanah.

2.6 Baku Mutu

Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah ialah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air lindi yang apabila terkontaminasi ke badan air ataupun kelingkuangan dari sebuah kegiatan. Dalam hal ini harus adanya penanganan untuk pengurangan pencemar yang ada pada air lindi. Jika hasil kajian menunjukkan baku mutu air lindi yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri ini menyebabkan daya dukung dan daya tampung beban pencemaran belum terlampaui maka perlu juga adanya penguraian pencemar di dalam pengolahan baik itu pengolahan air limbah misalnya limbah cair industri, domestik serta limbah cair medis rumah sakit dan termasuk juga air lindi TPA. Baku mutu dari air lindi bisa ditinjau dari Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solusi Per Aqua dan Pemandian Umum dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Lindi

Parameter	Kadar Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
pH	6,5-8,5	-
Besi	1	mg/L
Seng	15	mg/L
Timbal	0,05	mg/L
Kadmium	0,005	mg/L
Mangan	0,5	mg/L

2.7 Faktor Translokasi

Proses pengangkutan bahan makanan dalam tumbuhan dikenal dengan translokasi. Translokasi merupakan pemindahan hasil fotosintesis dari daun atau organ tempat penyimpanannya ke bagian lain tumbuhan yang memerlukannya. Jaringan pembuluh yang bertugas mengedarkan hasil fotosintesis ke seluruh bagian tumbuhan adalah *floem* (pembuluh tapis) (Haryati, dkk., 2012).

Jaringan *floem* mengangkut gula sukrosa dan juga asam amino dari organ-organ tumbuhan yang berwarna hijau, terutama daun, ke bagian-bagian lain dalam tumbuhan. Berbeda dari *xylem*, *floem* memiliki sel-sel yang bernama sel tapis (sieve tube sel), dan transportasi gula sukrosa dan asam amino dapat dilakukan melalui difusi dan juga transport aktif dari sel ke sel dalam *floem*. Oleh karena itu, makanan-makanan ini dapat menjangkau organ-organ tanaman dalam waktu yang sangat singkat agar mereka bisa melakukan respirasi dan berkembang (Rabie, 2005).

Salah satu jaringan pengangkut pada tumbuhan adalah pembuluh tapis (*floem*). Pada prinsipnya floem merupakan jaringan parenkim. *Floem* tersusun atas beberapa tipe sel yang berbeda yaitu pembuluh tapis, sel pengiring, parenkim, serabut, dan sklerenkim. Floem merupakan bagian dari kulit kayu. Unsur penyusun pembuluh floem terdiri atas dua bentuk, yaitu: sel tapis (*sieve plate*) berupa sel tunggal dan bentuknya memanjang dan buluh tapis (*sieve tubes*) yang serupa dengan pipa. Dengan bentuk seperti ini, pembuluh tapis dapat menyalurkan gula, asam amino serta hasil fotosintesis lainnya dari daun ke seluruh bagian tumbuhan. Pada tumbuhan tertentu terdapat serabut floem atau serat yang mengandung lignin. Serabut-serabut ini dapat digunakan sebagai tali dan tekstil, misalnya rami (*Boehmeria nivea*), linen (*Linum usitatissimum*), dan jute (*Corchorus capsularis*). Dalam floem terjadi translokasi fotosintat. Translokasi adalah perpindahan bahan terlarut yang dapat terjadi di seluruh bagian tumbuhan (Haryati, dkk., 2012).

Menurut (Santana dkk., 2018) analisa FT digunakan untuk menghitung proses translokasi logam berat dari akar ke daun. Perhitungan FT dengan rumus :

$$FT = \frac{\text{Konsentrasi di daun } (\mu\text{g/g})}{\text{Konsentrasi di akar } (\mu\text{g/g})}$$

Nilai FT memiliki kategori sebagai berikut:

1. $FT > 1$: mekanisme fitoekstraksi. Fitoekstraksi adalah proses penyerapan logam berat oleh akar tanaman yang kemudian ditranslokasikan menuju batang dan daun.
2. $FT < 1$: mekanisme fitostabilisasi. Fitostabilisasi adalah proses yang dilakukan oleh tanaman untuk mentransformasikan polutan di dalam tanah menjadi senyawa yang non toksik tanpa menyerap terlebih dahulu polutan tersebut kedalam tubuh tanaman. Hasil transformasi dari polutan tersebut tetap berada dalam tanaman menstabilkan polutan dalam tanah, sehingga membuat logam berat tidak berbahaya.

Pada tumbuhan tingkat tertinggi terdapat dua macam cara pengangkutan air dan garam mineral yang diperoleh dari tanah yaitu secara ekstrasvaskuler dan intravaskuler, yaitu sebagai berikut:

1. Transportasi Ekstrasvaskuler

Dalam proses pengangkutan, tumbuhan dapat menyerap air dari tanah ke dalam tubuh melewati satu sel ke sel lain secara horizontal. Proses demikian dinamakan pengangkutan ekstrasvaskuler. Maksudnya, pengangkutan air dimulai dengan penyerapan oleh bulu akar, kemudian masuk menuju sel-sel epidermis. Dari sel epidermis, air menuju korteks, dan diteruskan ke sel-sel endodermis. Akhirnya, air masuk ke stele. Dari korteks, air didistribusikan menuju sel-sel untuk proses metabolisme tubuh. Untuk melakukan transportasi ekstrasvaskuler, tumbuhan dapat menempuhnya melalui dua cara, yakni secara simplas dan aploplas.

- a. Transportasi/lintasan aploplas adalah menyusupnya air tanah secara bebas atau transpor pasif melalui semua bagian tak hidup dari tumbuhan seperti dinding sel dan ruang antar sel. Air melalui jalur ini tidak dapat sampai ke xylem karena terhalang oleh bagian endodermis yang memiliki penebalan dinding sel yang disebut pita kaspari. Untuk menembus halangan ini, air

harus dipompa agar dapat melalui sel-sel endodermis. Pergerakan air tersebut akhirnya menjadi jalur simplas karena melalui sel-sel peresap (sel-sel penerus).

- b. Transportasi/lintasan simplas adalah Bergeraknya air dan garam mineral menembus bagian hidup dari sel tumbuhan seperti sitoplasma dan vakuola melalui plasmodesma. Plasmodesma adalah saluran yang menghubungkan protoplasma suatu sel dengan protoplasma sel lainnya. Pada jalur simplas, air dapat mencapai xilem bahkan silinder pusat.

2. Transportasi Intravaskuler

Pengangkutan air dan zat terlarut pada tumbuhan diawali dengan penyerapan zat melalui rambut akar. Kemudian zat tersebut mengalir menuju epidermis. Dari epidermis, air dan zat terlarut mengalir menuju korteks dan diteruskan ke sel-sel endodermis. Berikutnya, air dan zat terlarut masuk ke berkas pembuluh xilem akar. Selanjutnya, air dan zat terlarut diteruskan menuju xilem batang hingga xilem daun. Di dalam xilem daun, zat-zat yang berguna masuk ke parenkim mesofil daun sebagai bahan proses fotosintesis (Agusetyadevy., 2016).

Proses fotosintesis menghasilkan glukosa dan oksigen. Glukosa diangkut pembuluh floem menuju seluruh jaringan tubuh. Oksigen dikeluarkan tumbuhan lewat stomata daun. Sementara air sisa metabolisme dikeluarkan lewat proses transpirasi. Kecepatan pengangkutan zat pada tumbuhan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni kelembaban, suhu, cahaya, angin, dan kandungan air tanah. Semakin tinggi kelembaban udara di sekitar tumbuhan, maka difusi yang terjadi di dalam tumbuhan berlangsung lambat. Sebaliknya, semakin rendah kelembaban udara lingkungan, difusi di dalam tumbuhan akan semakin cepat (Lazulva & Apriani, 2012)

Semakin tinggi suhu lingkungan di sekitar tumbuhan dan intensitas cahaya yang meningkat serta angin yang semakin kencang, maka laju transpirasi tumbuhan akan semakin tinggi. Begitu pula sebaliknya, suhu lingkungan, intensitas cahaya, dan angin yang semakin besar mengakibatkan proses pengangkutan zat berlangsung lambat. Semakin banyak kandungan air di dalam

tanah, maka potensial air semakin tinggi. Akibatnya, proses transportasi zat pada xilem dan laju transpirasi semakin meningkat (Lazulva & Apriani, 2012).



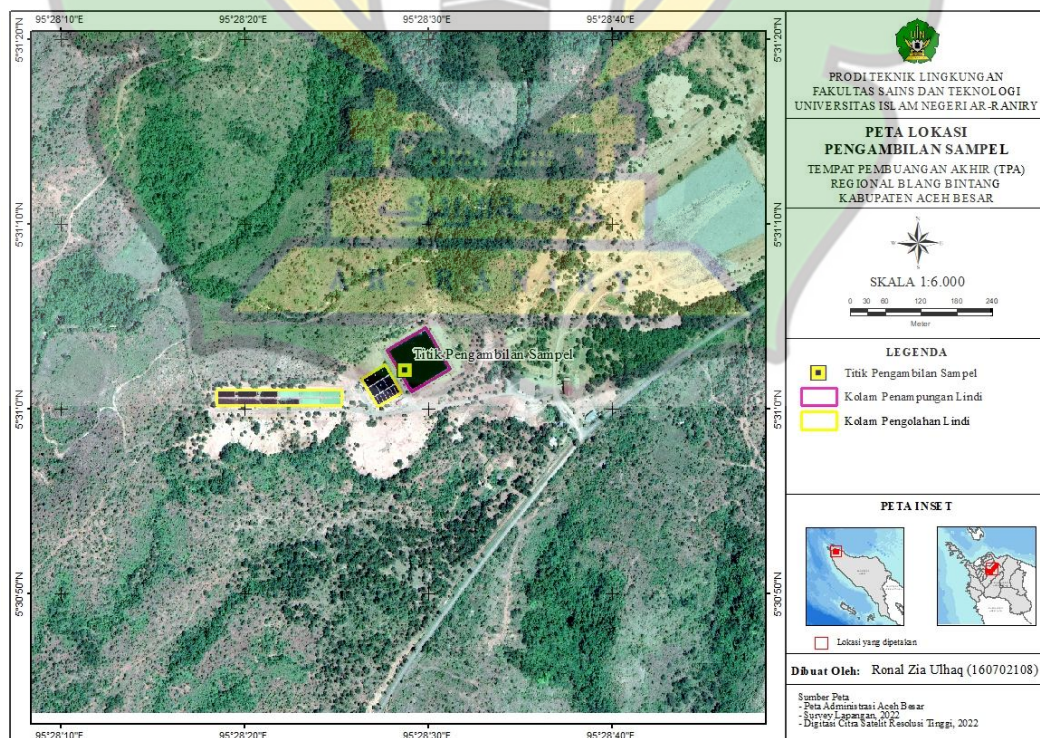
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

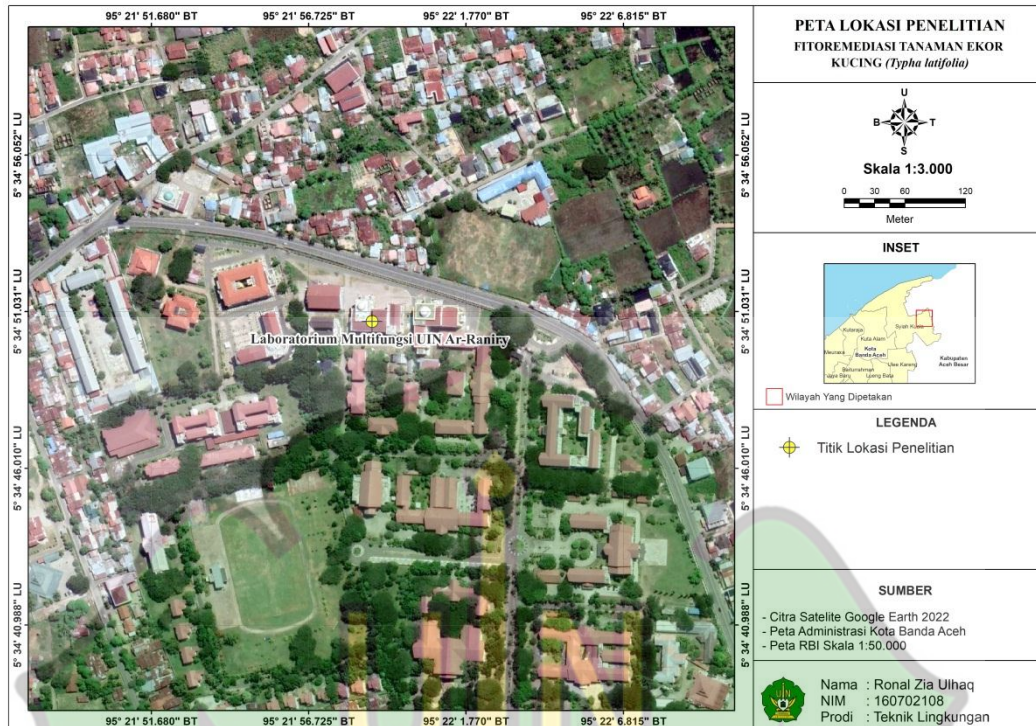
Penelitian ini menggunakan konsep penelitian kuantitatif yang bersifat eksperimental yaitu peneliti melakukan eksperimen terhadap identifikasi logam berat dan fitoremediasi menggunakan tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) pada air lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Blang Bintang, Aceh Besar dengan tujuan untuk menurunkan kadar pencemar pada air lindi sehingga aman untuk dilepaskan ke lingkungan, dengan parameter-parameter pencemar yang akan diuji yang telat melebihi dari baku mutu yang telah ditentukan.

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dan penyelesaian Tugas Akhir ini dilakukan dari bulan Juni sampai Oktober 2022. Sampel air lindi diambil dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Blang Bintang, Aceh Besar. Peta lokasi pengambilan sampel dan lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Air Lindi TPA Blang Bintang, Aceh Besar



Gambar 3.2 Lokasi Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry

Sedangkan untuk penelitian dan pengujian sampel tersebut dilakukan di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Darussalam Kota Banda Aceh, dan Laboratorium Terpadu Universitas Syiah Kuala di Jalan Syech Abdurrauf Nomor 10, Darussalam, Banda Aceh, Provinsi Aceh.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5 tangki kaca dengan ukuran 40x20x20 cm, jerigen 20L, gayung plastik, *cool box*, botol plastik, kertas label dan alat tulis.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) sebanyak 20 tanaman, air lindi sebanyak 20L dan media tanam (tanah).

3.4 Prosedur Percobaan dan Pengujian

3.4.1 Cara pengambilan Sampel (SNI 6989.59:2008)

Teknik pengambilan sampel mengacu pada (SNI 6989.59:2008) yaitu dengan metode *grab sampling* dimana sampel air lindi yang diambil hanya pada saat itu saja. Sampel air lindi diambil dari tempat bak penampungan, pengambilan sampel air lindi tersebut dilakukan secara langsung dengan menggunakan gayung, kemudian dimasukkan ke dalam jerigen sebanyak 20 L dan dimasukkan ke dalam *cool box*. Lokasi kolam lindi dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tempat Pengambilan Sampel Air Lindi TPA Blang Bintang, Aceh Besar

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022)

3.4.2 Parameter Penelitian

Parameter-parameter yang diteliti atau yang diamati dalam penelitian ini ialah logam berat Besi (Fe) dengan variasi pengamatan waktu kontak selama 0, 3, 6, dan 9 hari.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Identifikasi Logam Berat

Pengujian awal logam berat yang dilakukan dari TPA Blang Bintang. Pengujian dilakukan dengan tujuan melihat kandungan kadar logam berat yang ada pada air lindi, sehingga dapat diketahui parameter yang paling tinggi kadarnya yang dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan apabila kadar tersebut telah melebihi baku mutu yang telah ditentukan. Kandungan logam berat yang ada pada air lindi dapat merusak kualitas lingkungan terutama di lingkungan perairan yang apabila air lindi tersebut dapat terkontaminasi ke lingkungan sekitar TPA Blang Bintang, Aceh Besar.

TPA Blang Bintang, Aceh Besar berada dekat dengan aliran sungai. Air lindi tersebut apabila sudah dilakukan pengolahan, maka langsung dialirkan ke sungai tersebut. Sungai itu juga masih digunakan oleh masyarakat setempat untuk mencuci kakus dalam kegiatan sehari-hari. Kandungan yang ada pada air lindi apabila melebihi baku mutu, maka dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan, yang juga secara langsung akan berdampak bagi kesehatan masyarakat yang menggunakan air sungai tersebut untuk kebutuhan mereka. Kualitas air sungai akan berkurang atau menurun apabila terlalu banyak daya tampung. Sampel air lindi dari TPA Blang Bintang dilakukan pengujian kandungan logam berat di laboratorium Universitas Syiah Kuala Banda Aceh. Setelah dilakukan pengujian hasil kadar logam berat yang terdapat pada air lindi dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Kandungan Logam Berat Pada Air Lindi TPA Blang Bintang, Aceh Besar.

No.	Parameter	Hasil	Satuan
1.	Fe	5,342	Mg/l
2.	Pb	0,036	Mg/l
3.	Zn	<0,001	Mg/l
4.	Hg	<0,001	Mg/l
5.	Cd	TD	Mg/l

Keterangan :

TD : Tidak Terdeteksi

3.5.2 Persiapan Media

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menyediakan alatnya yaitu tangki kaca, kemudian dimasukkan tanah sebagai media tanam untuk tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) sebanyak 4 tanaman dan dimasukkan sampel air lindi sesuai dengan variasi yang sudah ditentukan, tangki tersebut berisi volume air sebanyak 7 L pada tangki yang telah disediakan serta kontrol.

3.5.3 Aklimatisasi Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*)

Aklimatisasi tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) yang dilakukan adalah dengan variasi konsentrasi dalam pengenceran yaitu 25%, 50%, 75% ke dalam masing-masing bak fitoremediasi yang telah berisi media tanam yaitu tanah dengan tinggi 5 cm dan 4 tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) dengan ketinggian masing-masing tanaman yaitu berkisar antara 50-100 cm dan juga kontrol yang bertujuan untuk menyesuaikan tanaman dan beradaptasi pada lingkungan baru (Irsyad, 2014).

Perbandingan untuk pengenceran air lindi yaitu sebagai berikut:

- 1) 0% air lindi sebagai kontrol tanpa pengenceran atau air sumur sebanyak 7 L.
- 2) 25% dengan perbandingan 1:3 yaitu air lindi sebanyak 1,75 L dan air sumur sebanyak 5,25 L.
- 3) 50% dengan perbandingan 2:2 yaitu air lindi sebanyak 3,5 L dan air sumur sebanyak 3,5 L.
- 4) 75% dengan perbandingan 3:1 yaitu air lindi sebanyak 5,25 L dan air sumur sebanyak 1,75 L.

3.5.4 Penanaman Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*)

Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) sejumlah 20 tanaman yang sebelumnya sudah diisolasi dan tumbuh baik pada proses selama aklimatisasi 1 minggu, ditanam pada media tanam selama 9 hari dengan air lindi yang sudah divariasikan dengan jumlah volume air pada tangki sebanyak 7L. Adapun desain

rangkaian eksperimen fitoremediasi dengan tanaman Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Desain Eksperimen

Perlakuan	Waktu (Hari)	Label
Kontrol	0	A ₀
	3	
	6	
	9	
Air Lindi	0	A ₁
	3	
	6	
	9	

3.6 Eksperimen Fitoremediasi

Eksperimen fitoremediasi tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Air lindi yang telah disiapkan, dimasukkan ke dalam tangki.
2. Tanaman yang sudah diaklimatisasi dengan konsentrasi 25%, 50% dan 75% dan hidup dengan baik, kemudian ditanam pada air lindi yang terkontaminasi Besi (Fe) yaitu dengan memasukkan tanaman ke dalam tangki yang telah disediakan.
3. Proses fitoremediasi dilakukan selama 9 hari untuk mengetahui kadar Besi (Fe) pada air lindi, dengan mengamati perubahan fisiologi pada tanaman yaitu jumlah daun, warna daun dan tinggi batang tanaman. Sedangkan untuk pengujian Besi (Fe), pH dan suhu pada air sampel dilakukan dalam usia 0, 3, 6 dan 9 hari (Irsyad, 2014).

3.7 Pengukuran Parameter Uji

3.7.1 Pengambilan Sampel Daun dan Akar Tanaman

Sampel daun dan akar tanaman dilakukan secara langsung dalam reaktor, berikut petunjuk pengambilan sampel menurut Patandung (2018):

1. Sampel diambil dari reaktor yang ingin diteliti yang terdiri dari akar, dan daun, sampel dimasukkan dalam plastik yang telah diberi label.

2. Kemudian sampel dimasukkan dalam plastik yang telah diberi label.
3. Sampel dibersihkan menggunakan air dan dikeringkan dengan cara dianginkan di dalam ruangan.

3.7.2 Analisis Kadar Logam Berat Pada Air Lindi

Sampel yang diambil di media tanam yang telah dicampurkan pencemar buatan dan sudah ditanamkan Ekor Kucing (*Typha latifolia*) selanjutnya akan diuji di laboratorium pada hari ke 3, 6 dan 9 hari. Dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia 6989.78: 2011 tata cara preparasi sampel tanaman dan pengujian logam berat pada tanaman adalah sebagai berikut:

A. Preparasi Sampel Tanaman

1. Pertama sampel ditimbang lebih kurang sebanyak 2,0 g dan dimasukkan ke dalam *vessel*.
2. Kedua sampel yang telah dimasukkan ke dalam *vessel* ditambahkan 5 ml larutan HNO_3 (pengerjaan dilakukan dalam lemari asam).
3. Ketiga *Vessel* ditutup dengan rapat dan dimasukkan ke dalam *microwave digestion* dan dipilih metode kerja yang sesuai dengan sampel.
4. Selanjutnya sampel hasil *digestion* dimasukkan kedalam labu ukur 50 ml dan dilarutkan menggunakan HCl 3%, jika terdapat endapan, sampel disaring terlebih dahulu sebelum dilakukan analisis.

B. Analisis Kandungan logam berat Pada akar dan Tanaman

1. Dibuat larutan standar Fe 1; 2 ; 3 ;4 dan 5 mg/L, selanjutnya dipipet 5,10,15,20 dan 25 ml, diencerkan hingga 50 ml lalu homogenkan.
2. Optimasi instrumen AAS Perkin ELMER PinAAcle 900T.
3. Selanjutnya masing-masing larutan standar dan beserta sampel diukur absorbansinya pada panjang gelombang 248,33 mm.
4. Dibuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.
5. Dilakukan pengukuran contoh uji yang disiapkan.

C. Pengukuran pH

Pengambilan data dilakukan pada hari ke-0, 3, 6, dan 9. Pengujian sampel untuk pengukuran logam berat dengan menggunakan alat yaitu AAS. Selain itu juga mengukur pH dan suhu. Apabila pH lebih rendah atau tinggi dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan, dan suhu dapat mempengaruhi kehidupan di dalam air sehingga suhu dapat mempengaruhi oksigen di dalam air.

3.7.3 Pengukuran pH (SNI 06-6989.11-2004)

Alat yang digunakan yaitu pH meter type HI 9813-5 dan *beaker glass*. Bahan yang digunakan yaitu kertas tisu, sampel air limbah, larutan buffer 4,0, larutan buffer 7,0 dan *aquades*.

a. Dikalibrasi Alat:

- 1) Direndam elektroda dalam larutan penyangga pH 7,0, dan diaduk perlahan elektroda, atur alat sehingga skala pH menunjukkan pH 7,0.
- 2) Diulangi prosedur dengan merendam elektroda dalam larutan penyangga pH 4,0.
- 3) Ditunggu sekitar satu menit, sampai didapatkan larutan penyangga yang sesuai dengan suhu pengukuran.

b. Penetapan pH

- 1) Dilepaskan tutup pelindung elektroda pH meter.
- 2) Dibilas elektroda dengan air *aquades* atau air suling sekali dan dikeringkan dengan tisu.
- 3) Dihidupkan alat dengan menekan tombol "ON-OFF" pada bagian alat pH meter.
- 4) Dicelupkan elektroda ke dalam *beaker glass* yang berisi sampel uji sampai tanda batas di dalam larutan sampel, tunggu sampai pembacaannya stabil.
- 5) Diulangi tahap 2-4 pada *beaker glass* kedua sampai kedelapan belas.
- 6) Dicatat hasil pengukuran yaitu angka pada tampilan alat pH meter.

- 7) Setelah selesai digunakan, matikan alat. Gunakan air suling untuk membersihkan elektroda dan keringkan elektroda dengan kertas tisu. Lalu dipasang kembali tutup pelindung.

3.7.4 Pengukuran Suhu (SNI 06-6989.23-2005)

Prosedur kerja pada pengujian suhu yaitu tentang cara uji suhu dengan menggunakan thermometer adalah sebagai berikut:

- Digunakan thermometer untuk pengujian suhu.
- Dicelupkan thermometer pada sampel air dibiarkan selama 2 menit s/d 5 menit hingga thermometer menetapkan angka yang diinginkan.
- Dicatat angka pembacaan pada thermometer tanpa mengangkat terlebih dahulu thermometer dari dalam air.

3.8 Analisis Data

3.8.1 Efektivitas Penurunan

Persentase reduksi penurunan kadar logam berat Besi (Fe) dapat diperoleh dengan membandingkan nilai konsentrasi logam berat Besi (Fe) sampel awal sebelum dilakukan proses fitoremediasi dengan nilai konsentrasi logam berat pada hasil akhir proses fitoremediasi.

$$\text{Persentase Reduksi (PR)} = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan:

PR = Persentase Reduksi

C_0 = konsentrasi awal sampel (mg/L)

C_t = konsentrasi akhir sampel (mg/L)

3.8.2 Faktor Translokasi (FT)

Analisa FT digunakan untuk menghitung proses translokasi logam berat dari akar ke daun. Perhitungan FT menggunakan rumus :

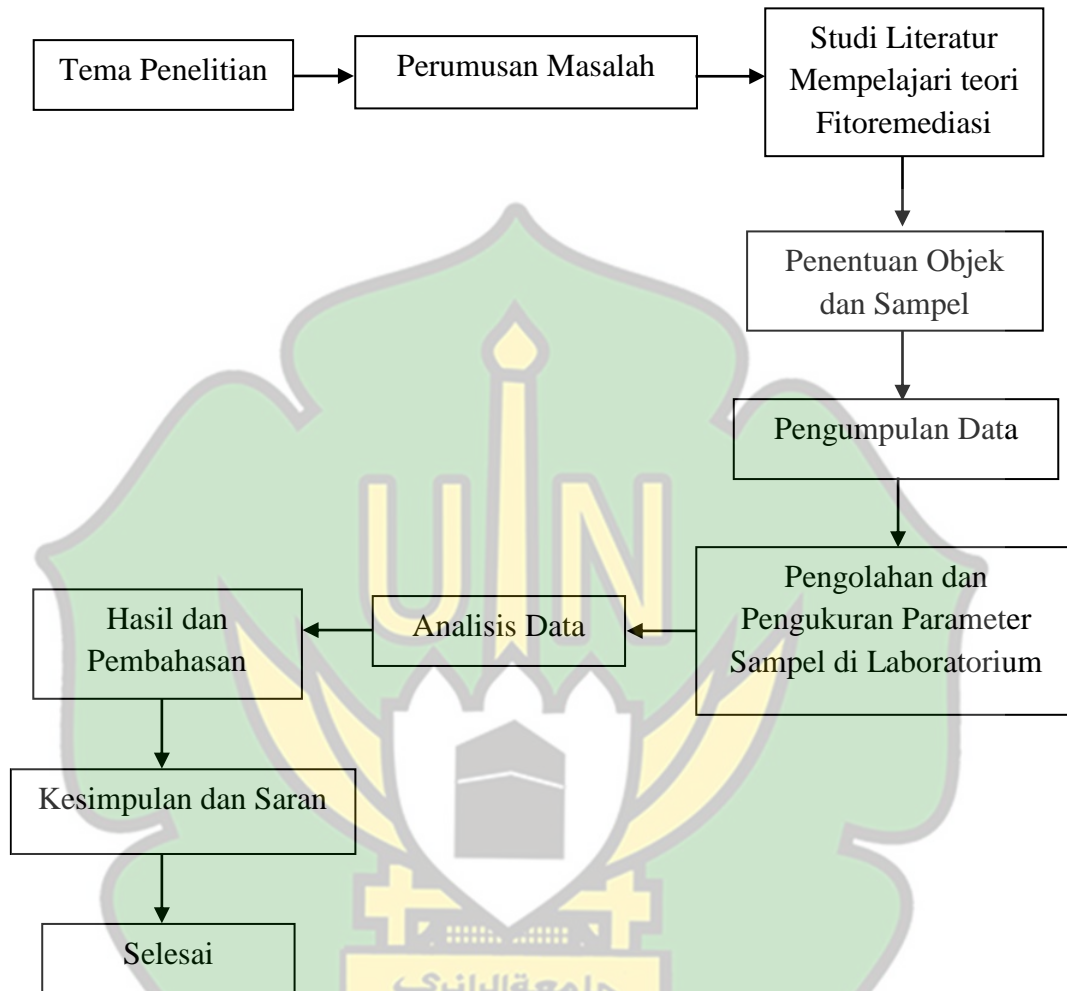
$$FT = \frac{\text{Logam berat pada daun } (\mu\text{g/g})}{\text{Logam berat pada akar } (\mu\text{g/g})}$$

Keterangan:

FT = Faktor Translokasi

3.9 Kerangka Penelitian

Diagram alur penelitian Tugas Akhir ini ditunjukkan sebagai berikut :



Gambar 3.4 Kerangka Penelitian
AR-RANIRY

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Fitoremediasi Fe

Hasil pengujian sampel pada tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) setelah perlakuan fitoremediasi ditunjukkan pada Tabel 4.1. Penyerapan atau akumulasi logam berat Fe dalam akar dan daun tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) bervariasi seiring dengan lamanya waktu yang digunakan dalam proses fitoremediasi. Pada hari ke-3 akumulasi logam berat Fe pada akar sebesar 0,088 µg/g, sedangkan akumulasi pada daun sebesar 0,073 µg/g. Pada hari ke-6 akumulasi logam berat Fe pada akar sebesar 0,092 µg/g sedangkan akumulasi pada daun sebesar 0,069 µg/g. Sedangkan untuk hari ke-9 akumulasi logam berat Fe pada akar sebesar 0,082 µg/g dan akumulasi pada daun sebesar 0,063 µg/g.

Kandungan logam berat Fe yang ada pada air lindi TPA Blang Bintang dengan melakukan proses fitoremediasi menggunakan tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) selama 9 hari sehingga menghasilkan proses penyerapan pada tanaman baik di bagian akar dan daun tanaman. Hasil fitoremediasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

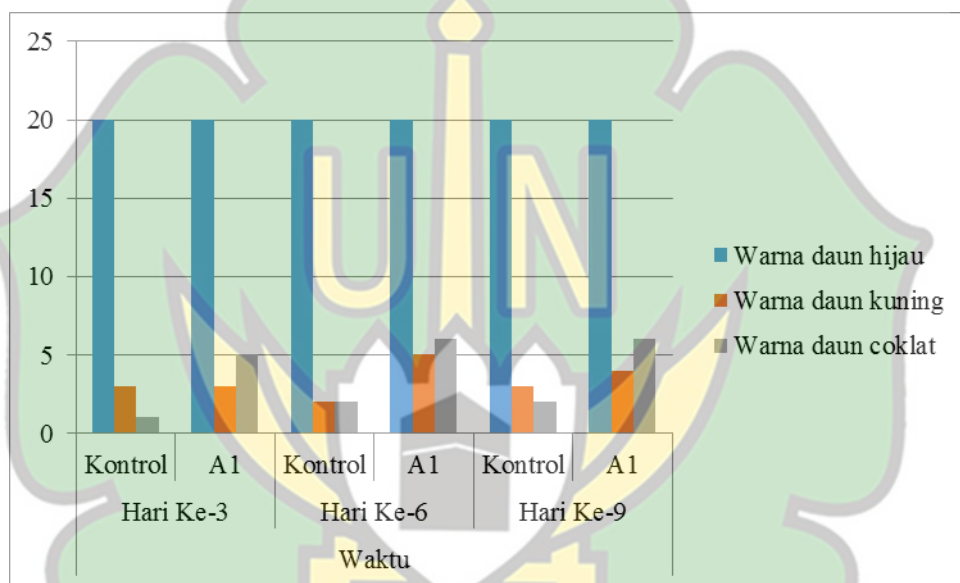
Tabel 4.1 Hasil Eksperimen Fitoremediasi Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*)

Perlakuan	Waktu (Hari)	Label Sampel	Fe Akar (µg/g)	Fe Daun (µg/g)	TF
Air Lindi (7L)	3	A1	0,088	0,073	0,83
	6		0,092	0,069	0,75
	9		0,082	0,063	0,77

Adapun data pengamatan terhadap perubahan tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) pada proses fitoremediasi selama 9 hari dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar grafik 4.1. Parameter pengamatan yang dilihat yaitu perubahan warna pada daun dan jumlah daun.

Tabel 4.2 Data Pengamatan Terhadap Perubahan Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) Selama 9 Hari


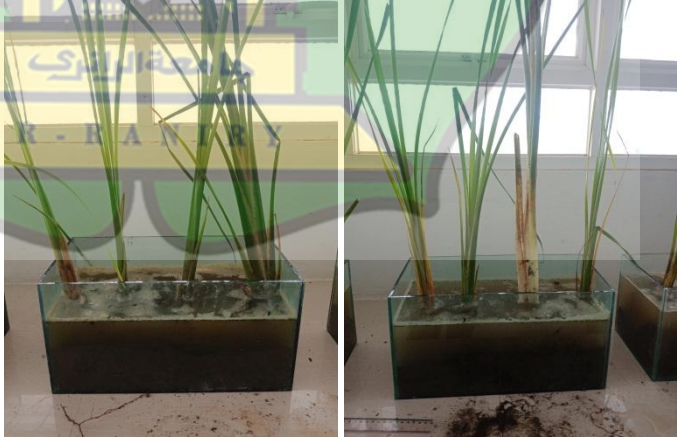
Parameter Pengamatan	Waktu					
	Hari Ke-3		Hari Ke-6		Hari Ke-9	
	Kontrol	A1	Kontrol	A1	Kontrol	A1
Warna daun hijau	20	20	20	20	20	20
Warna daun kuning	3	3	2	5	3	4
Warna daun coklat	1	5	2	6	2	6



Gambar 4.1 Grafik Pengamatan Perubahan Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) Selama 9 Hari

Pengamatan tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) pada hari ke-3 sampai hari ke-9 dapat dilihat pada Gambar 4.1. Berdasarkan dari pengamatan peneliti, pada hari ke-3 sudah menunjukkan perubahan pada tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) seperti pada daun yang disebabkan oleh penyerapan oleh logam berat Fe. Sedangkan pengamatan tanaman pada hari ke-6 juga terjadi perubahan yaitu perubahan pada daun diantaranya daun sudah mulai menguning dan adanya tumbuh daun baru. Sedangkan pengamatan pada hari ke-9 tanaman mengalami perubahan anatomi yaitu dengan ciri daun mengering, berwarna kuning kecoklatan. Tabel pengamatan pertumbuhan tanaman dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) Selama 9 Hari

No.	Waktu Fitoremediasi	Gambar Pengamatan
1.	Hari Ke-3	
2.	Hari Ke-6	



Pengamatan tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) dari hari ke 0-3 tanaman juga sudah memperlihatkan perubahan fisiologi, seperti penambahan jumlah daun dan perubahan warna daun, sementara untuk batang tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) dari hari pertama hingga ketiga tidak mengalami penambahan. Pada hari ketiga pengamatan, tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) memperlihatkan adanya penambahan pucuk tanaman di antaranya sampel A0 dan A4. Hal ini dikarenakan adanya gejala klorosis pada tumbuhan disebabkan oleh pemaparan logam berat yang terlalu lama dan mengakibatkan penghambatan pada sintesis klorofil. Gejala klorosis dapat juga diakibatkan apabila logam berat tersebut menghambat kerja enzim yang mengkatalis sintesis klorofil. Perubahan warna pada daun Ekor Kucing (*Typha latifolia*) yang menjadi kuning kecoklatan diduga tanaman tersebut mengalami toksisitas yang diakibatkan oleh aktivitas abiotik dari zat pencemar (Rismawati, 2012).

4.1.2 Kandungan Kadar Fe Pada Air Lindi Selama Proses Fitoremediasi

Air lindi yang di fitoremediasi dengan menggunakan tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) dengan variasi umur tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) dan dengan waktu fitoremediasi selama 0, 3, 6 dan 9 hari. Hasil pengujian sampel pada tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) setelah perlakuan fitoremediasi ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan Gambar grafik 4.2.

Tabel 4.4 Hasil Analisa Besi (Fe) Pada Air Lindi Setelah Proses Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*)

Perlakuan	Waktu (Hari)	Label Sampel	Fe Awal (mg/l)	Fe Akhir (mg/l)	*Baku Mutu (mg/l)
Air Lindi	3	A1	5,342	3,061	1
	6			3,055	
	9			3,039	

* Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solusi Per Aqua dan Pemandian Umum.



Gambar 4.2 Grafik Pengamatan Kandungan Kadar Fe Pada Air Lindi Selama Proses Fitoremediasi Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) Selama 9 Hari

Hasil pengujian fitoremediasi yang terlihat pada Tabel 4.3 menunjukkan hasil bahwa terjadi penurunan setiap pengujian sampel yaitu dimulai dari hari ke-3, ke-6 dan pada hari terakhir yaitu hari ke-9. Setiap tiga hari sekali dilakukan pengujian terhadap parameter uji yaitu logam berat Besi (Fe), pH air dan pH tanah.

4.2 Pembahasan

4.1.1 Efektivitas Fitoremediasi Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*)

Efektivitas fitoremediasi tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*), dimana reaktor terdiri dari 4 batang tanaman dan setiap reaktor berisikan air lindi. Proses

fitoremediasi pada penelitian ini menggunakan sistem *batch* dimana perlakuan pada tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) dilakukan dengan cara mendiamkan tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) tersebut ke dalam reaktor yang berisikan air lindi dan waktu yang sudah ditentukan selama kurun waktu 9 hari kerja dan dilakukan pengamatan pada hari ke 3, 6, dan 9 untuk kadar Besi (Fe) dan setiap hari melakukan pengecekan pH air dan pH tanah. Hasil fisik yang didapatkan di lapangan menyatakan bahwa tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) mengalami perubahan morfologi. Proses aklimatisasi pada tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) telah mengakibatkan perubahan pada bagian daun tanaman, perubahan tersebut yakni meliputi daun yang semula berwarna hijau kemudian mengering dan menjadi berwarna coklat. Berdasarkan hasil pengujian sampel pada tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) setelah perlakuan fitoremediasi maka didapatkan nilai persentasenya yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Analisa Dan Nilai Persentase Penurunan Kadar Logam Berat Besi (Fe) Pada Air Lindi Setelah Proses Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*)

Perlakuan	Waktu (Hari)	Label Sampel	Fe Awal (mg/l)	Fe Akhir (mg/l)	Efisiensi	*Baku Mutu (mg/l)
Air Lindi	3	A1	5,342	3,061	42,69%	1
	6			3,055	42,81%	
	9			3,039	43,11%	

Proses uji logam berat Besi (Fe) di air pada hari ke-0 pada bak A0 (kontrol) sebesar 0,011 mg/L dan pada bak A1 mencapai 5,342 mg/L. Pengujian pada hari ke-3 pada bak A0 sebesar 0,010 mg/L dan pada bak A1 sebesar 3,061 mg/L dan pada pengujian logam berat Besi (Fe) hari ke-6 pada bak A0 sebesar 0,09 mg/L dan bak A1 sebesar 3,055 mg/L sedangkan pengujian Fe pada hari ke-9 di bak A0 sebesar 0,07 mg/L dan bak A1 sebesar 3,039 mg/L tersebut mengalami perubahan pada daun dan batang tanaman. Satu persatu daun Ekor Kucing (*Typha latifolia*) berubah warna secara bertahap, perubahan warna pada daun tersebut

meliputi daun berubah menjadi kekuningan dan kecoklatan hal ini disebut dengan gejala klorosis hal ini diduga akibat adanya aktivitas kimiawi antara tanaman dengan air yang mengandung senyawa Fe.

Penurunan tertinggi terjadi pada hari ke-9 adalah 3,039 mg/L, sedangkan penurunan maksimum terjadi pada yaitu pada hari ke-3 sebesar 3,061 mg/L. Setiap pengujian menghasilkan penurunan secara baik dengan penurunan yang cukup tinggi setiap pengujian dilakukan dan penurunan yang lebih efisien dari setiap pengolahan yaitu pada hari ke-9 dengan nilai persentasenya 43,11%.

Pada hari ke-6 tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) mengalami titik jenuh dan berkurangnya kemampuan dalam penyerapan logam berat dengan maksimal dan menyebabkan kenaikan konsentrasi logam berat pada hari ke-9 dan pada reaktor A1 sudah mengalami titik jenuh sehingga tidak terlalu tinggi penurunan kadar Fe pada hari selanjutnya. Meskipun tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) memiliki efektivitas yang paling baik dalam menyerap logam berat tanaman ini dapat mengalami kejenuhan dimana ditandai dengan daun-daun yang mulai berubah warna menjadi menguning dan mengering (Budi dan Joko, 2018).

Volume air yang berada pada reaktor yang berisi masing-masing 4 tanaman pada 2 reaktor mengalami penurunan dari hari ke hari. Penurunan volume air tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan serta kebutuhan air yang diperlukan oleh tanaman. Secara teori apabila dalam suatu area semakin banyak jumlah tanaman, maka semakin meningkat pula kebutuhan air yang diperlukan untuk tanaman tersebut (Supriyantini & Endrawati, 2015).

Pada proses fitoremediasi menunjukkan hasil penurunan pada setiap reaktor. Reaktor yang berisikan tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) mampu menurunkan konsentrasi yang awalnya melebihi baku mutu yakni 5,342 mg/L. Penelitian ini menunjukkan hasil yang efisien pada penurunan nilai kadar logam berat Besi (Fe) di dalam air pada reaktor yang diberi perlakuan dengan tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*). Pada proses fitoremediasi menggunakan tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) dengan variasi jumlah air lindi dalam menurunkan logam berat Besi (Fe) memberikan hasil penurunan yang berbeda-beda pada setiap

reakturnya. Penurunan tersebut membuktikan bahwa tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) merupakan tanaman hiperakumulator yang mampu menyerap logam berat Besi (Fe) dalam air. Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) menyerap logam berat Besi (Fe) tersebut melalui akar yang langsung bersinggungan dengan media tumbuh yang telah terkontaminasi oleh Fe serta akar tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) memiliki volume perakaran yang banyak, logam Fe pada akar tersebut kemudian didistribusikan ke daun melalui batang.

Akar yang dimiliki oleh tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) mampu menyerap logam berat Fe dikarenakan akar dan batang tanaman tersebut terendam oleh media air yang dapat menyerap bahan-bahan yang terkandung di dalam media air. Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) memiliki kemampuan menstabilkan logam berat Fe pada sistem perakarannya serta akar tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam berat Fe dan mengakumulasi ke dalam jaringan tubuhnya (Nisma & Budi, 2008). Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) mampu menghisap oksigen dan udara melalui daun, batang dan akar tersebut yang kemudian dilepaskan kembali menuju daerah perakaran (*rhizosphere*). Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) memiliki ruang antar sel atau lubang saluran udara sebagai alat transportasi oksigen ke bagian perakaran. Oksigen ini nantinya akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme dalam mengurai bahan organik (Lazulva & Apriani, 2012).

Proses penyerapan Besi (Fe) yang dilakukan oleh akar tanaman disebut dengan *rhizofiltrasi*. Akar pada tumbuhan mengeluarkan senyawa organik dan enzim yang disebut dengan eksudat akar yang menyebabkan lingkungan rhizosfer sangat baik untuk pertumbuhan mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut dapat mempercepat proses *rhizofiltrasi*. Logam dengan bentuk ion-ion logam dapat larut dalam lemak dan mampu melakukan penetrasi di dalam membran sel sehingga ion-ion logam tersebut akan terakumulasi di dalam sel dan jaringan tumbuhan. Logam yang berikatan dengan enzim katalisator mampu masuk ke dalam sel dan mengganggu reaksi kimia yang terjadi pada sel. Gangguan ini biasanya terjadi

pada jaringan epidermis, palisade dan sponsa. Hal ini ditandai dengan terjadinya nekrosis dan klorosis pada tumbuhan (Haryati, 2012).

Upaya dalam mencegah keracunan logam terhadap sel dan jaringan, tumbuhan memiliki mekanisme detoksifikasi misalnya menimbun logam tersebut di dalam organ tertentu seperti akar. Pengumpulan logam ke dalam organ tumbuhan merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tumbuhan. Logam tersebut melewati berbagai sel pada tumbuhan yakni plasmalema, sitoplasma, dan vakuola. Logam tersebut akan mengalami lokalisasi atau akumulasi di dalam vakuola. Bagian vakuola pada sel tumbuhan memiliki fungsi menjaga logam berat tersebut tidak menghambat metabolisme tumbuhan sehingga logam tidak berhubungan dengan proses fisiologi pada sel tumbuhan. Pada jaringan akar, logam tersebut masuk ke dalam korteks dan diakumulasi di dekat endoderm. Endoderm sendiri berperan sebagai partial barrier terhadap pemindahan logam dari akar (Anam, 2017).

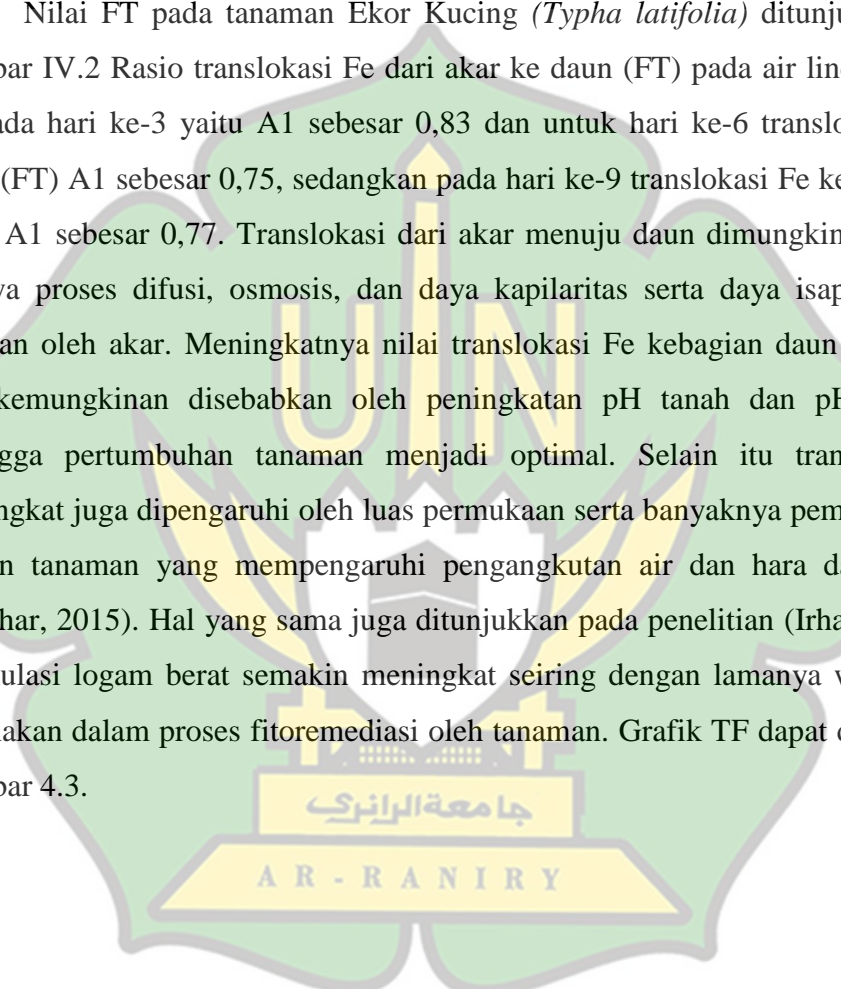
Penyerapan logam berat oleh tanaman dilakukan pertama kali oleh akar kemudian menuju ke batang dan daun. Penyerapan unsur-unsur tersebut dilakukan dengan penyerapan akar melalui membran sel secara osmosis selanjutnya diangkut oleh *xylem* dan *floem* ke bagian tumbuhan lain seperti batang dan daun (Irawanto, dkk, 2015). Proses masuknya logam berat ke dalam jaringan tumbuhan melalui *xylem* ke semua bagian tumbuhan sampai ke daun dengan cara penempelan partikel logam berat pada daun dan masuk ke dalam jaringan stomata. Pengeluaran ion toksik selain terjadi pada daun juga terjadi di akar dengan menarik ion-ion secara aktif melalui *xylem* untuk kembali ke *xylem* parenkim yang kemudian dilepaskan kembali ke dalam media melalui akar.

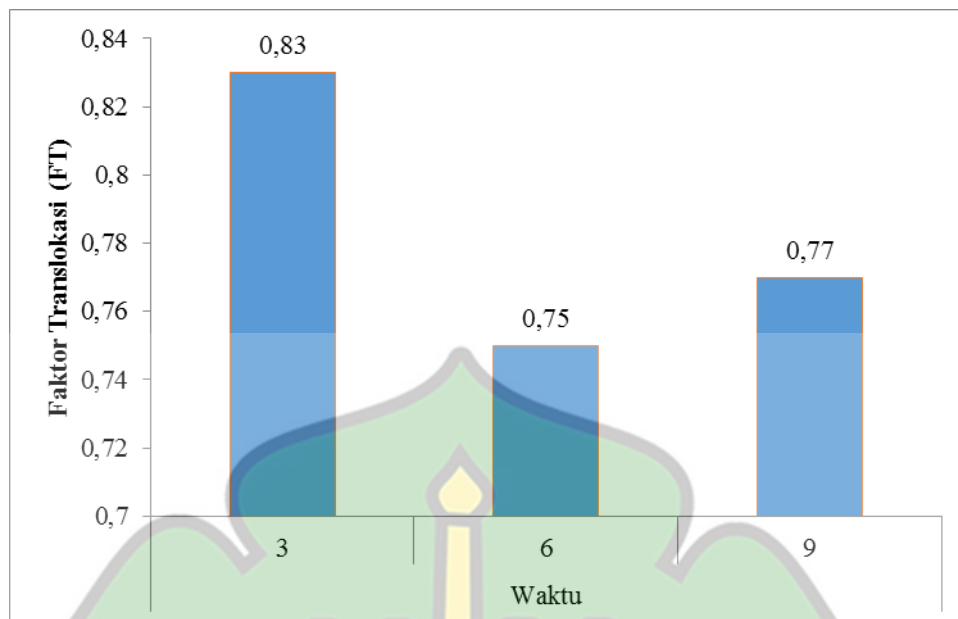
Akumulasi logam berat yang tinggi oleh tumbuhan dengan cara melemahkan efek racun yang ditimbulkan oleh logam berat yang diserap melalui pengenceran (dilusi) dengan menyimpan banyak air guna mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga toksisitas logam berat tersebut berkurang (Heriyanto & Subiandono, 2011). Akar di sekitar tanaman hiperakumulator mengeluarkan rizosfor atau larutan di sekitar akar yang berfungsi untuk membawa logam pada media tanam menuju sel akar yang

kemudian didegradasi oleh enzim yang berada di akar. Di dalam akar tersebut membentuk jaringan lakuna dan aerenkim yang berfungsi untuk pertukaran gas dan menyediakan jalur guna transportasi oksigen dari cabang hingga akar (Schussle & Longstreth, 2002).

4.1.2 Faktor Translokasi (FT)

Nilai FT pada tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) ditunjukkan pada Gambar IV.2 Rasio translokasi Fe dari akar ke daun (FT) pada air lindi tercemar Fe pada hari ke-3 yaitu A1 sebesar 0,83 dan untuk hari ke-6 translokasi Fe ke daun (FT) A1 sebesar 0,75, sedangkan pada hari ke-9 translokasi Fe ke daun (FT) yaitu A1 sebesar 0,77. Translokasi dari akar menuju daun dimungkinkan karena adanya proses difusi, osmosis, dan daya kapilaritas serta daya isap daun dan tekanan oleh akar. Meningkatnya nilai translokasi Fe ke bagian daun setiap harinya kemungkinan disebabkan oleh peningkatan pH tanah dan pH pada air sehingga pertumbuhan tanaman menjadi optimal. Selain itu translokasi Fe meningkat juga dipengaruhi oleh luas permukaan serta banyaknya pembuluh pada bagian tanaman yang mempengaruhi pengangkutan air dan hara dalam *xilem* (Zamhar, 2015). Hal yang sama juga ditunjukkan pada penelitian (Irhamni, 2009) akumulasi logam berat semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu yang digunakan dalam proses fitoremediasi oleh tanaman. Grafik TF dapat dilihat pada Gambar 4.3.





Gambar 4.3 Grafik Nilai Faktor Translokasi (FT) Pada Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*)

4.2.3 Pengaruh Variasi Waktu Kontak Terhadap Kemampuan Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) Sebagai Tanaman Fitoremediator

Akumulasi logam berat Fe di akar pada tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) pada hari ke-3 akumulasi logam berat Fe pada akar A1 sebesar 0,088 $\mu\text{g/g}$. Pada hari ke-6 akumulasi logam berat Fe pada akar A1 sebesar 0,092 $\mu\text{g/g}$. Sedangkan untuk hari ke-9 akumulasi logam berat Fe pada akar A1 sebesar 0,082 $\mu\text{g/g}$.

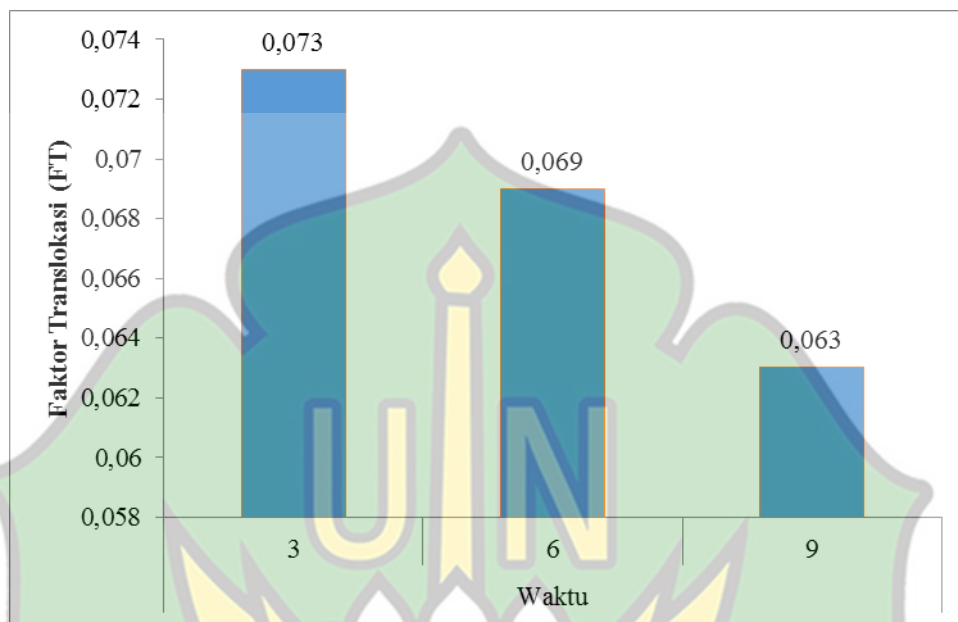
Besarnya akumulasi logam Fe pada hari ke-3 disebabkan karena pada hari ke-3 tanaman masih dalam masa pertumbuhan sehingga akumulasi logam beratnya meningkat. Pada hari ke-6 terjadinya penurunan, hal ini disebabkan karena adanya akumulasi logam Fe yang telah mengakibatkan tumbuhan mengalami keracunan sehingga akumulasi Fe menurun. Sedangkan pada hari ke-9 meningkat kembali, hal ini disebabkan karena tanaman sudah beradaptasi dengan lingkungan logam Fe sehingga penyerapannya meningkat (Elawati, 2015). Grafik kadar akumulasi Fe pada akar dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Kadar Akumulasi Fe Pada Akar Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*)

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa akumulasi Fe pada akar tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) terjadi peningkatan pada hari ke-6 dan terjadi penurunan pada hari ke-9. Besarnya penyerapan logam berat Fe pada bagian akar dibandingkan pada bagian daun karena akar merupakan bagian tumbuhan yang mempunyai daya serap terbaik terhadap logam berat. Hal ini karena akar mempunyai kemampuan untuk membentuk sejumlah besar biomassa akar, sehingga memiliki kapasitas besar untuk mengakumulasi logam berat. Penyerapan yang dilakukan oleh akar disebut rizofiltrasi. Tumbuhan mengeluarkan senyawa organik dan enzim melalui akar, sehingga daerah rizosfer merupakan lingkungan yang sangat baik untuk tempat tumbuhnya mikroba dalam tanah. Mikroba di daerah rizosfer akan mempercepat proses menyerap kontaminan oleh akar. Kemudian diangkut ke jaringan pengangkut (*xylem* dan *floem*) ke bagian tumbuhan yang lain. Sehingga penurunan konsentrasi pada media akibat proses tumbuhan (fitoproses) dengan asosiasi peran mikroba tanah. Fitoproses yang terjadi pada zona akar tumbuhan adalah fitostabilisasi sebagai proses imobilisasi kontaminasi dalam tanah, dan rizofiltrasi sebagai proses penyerapan kontaminan ke dalam akar (Agusetyadevy, dkk, 2016). Selain itu hal lain yang diduga sebagai salah satu alasan akumulasi logam di akar lebih besar dari pada bagian tumbuhan

yang lain karena adanya akumulasi logam pada bagian tumbuhan merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tumbuhan, dengan mengumpulkan dalam satu organ (Irhamni, 2009). Grafik kadar akumulasi Fe pada daun dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Kadar Akumulasi Fe Pada Daun Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*)

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa akumulasi Fe pada daun tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) berturut-turut menurun dari hari ke-3 hingga hari ke-9 yaitu A1 sebesar 0,073 $\mu\text{g/g}$, akumulasi pada daun hari ke-6 A1 sebesar 0,069 $\mu\text{g/g}$, dan akumulasi pada daun hari ke-9 A1 sebesar 0,063 $\mu\text{g/g}$. Menurunnya penyerapan logam Fe pada daun disebabkan oleh lamanya waktu yang digunakan dalam proses fitoremediasi, semakin lama waktu yang digunakan maka konsentrasi logam berat yang diserap akan semakin kecil dikarenakan kemampuan tanaman dalam menyerap Fe pada air lindi semakin berkurang. Akan tetapi, dalam penyerapan logam Fe pada daun salah satunya disebabkan oleh kemampuan logam berat Fe sebagai jenis logam yang mampu menguap ke atmosfer, kemudian polutan Fe dari dalam tanah yang diserap oleh tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) ditransformasikan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer dan kemudian diserap oleh daun, proses ini disebut fitovolatilisasi (Irhamni, 2009).

Akumulasi Besi (Fe) pada akar tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) meningkat seiring dengan lamanya waktu panen yang digunakan dalam proses fitoremediasi untuk menyerap logam berat pada air lindi. Selama 9 hari masa perlakuan, kadar Besi (Fe) dalam akar tanaman meningkat dari setiap 0, 3, 6, dan 9 hari setelah dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) Perkin ELMER PinAAcle 900T. Menurut (Sari A. J., 2017), konsentrasi Besi (Fe) dalam akar, cabang dan daun mengikuti urutan akar > batang > daun. Hal ini disebabkan karena akar mempunyai merupakan organ tanaman yang berinteraksi langsung dengan logam berat yang terdapat dalam air.

4.2.4 Pengukuran pH

pH merupakan derajat keasaman yang biasa digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman maupun kebasaan yang ada pada suatu larutan. Pada umumnya pH digunakan untuk mengetahui banyaknya suatu konsentrasi ion H^+ yang terdapat di suatu larutan. Nilai pH memiliki pengaruh terhadap proses biokimiawi pada perairan. Hasil pengukuran pH larutan uji selama proses penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran pH Air

Hari Ke-	0%	25%	50%	75%	100%
0	8,1	7,6	8,0	7,4	7,2
3	7,3	7,3	7,5	7,3	7,4
6	6,8	6,6	6,8	7,0	7,0
9	6,9	7,0	6,8	6,8	6,9
Rata-rata	7,27	7,12	7,03	7,12	7,12

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa ada perbedaan rata-rata nilai pH pada air limbah di reaktor A0 dan reaktor A1 serta pada reaktor dalam proses aklimatisasi yaitu reaktor A2, reaktor A3 dan reaktor A4. Pada reaktor kontrol rata-rata nilai pH yaitu 7,27 dan nilai rata-rata pada reaktor A1 yaitu 7,12. Sedangkan reaktor aklimatisasi yang juga dilakukan pengujian terhadap parameter

pH dan suhu dengan variasi jumlah 20 tanaman A2 yaitu 7,12, reaktor A3 yaitu 7,03 dan A4 yaitu 7,12. Kenaikan dan penurunan nilai pH ini dipengaruhi oleh adanya aktivitas biokimiawi mikroorganisme yang terdapat pada media air dan akar tanaman.

Pada pH asam kemampuan jaringan tumbuhan akan semakin meningkat dalam mengikat unsur dalam air sedangkan apabila pH bersifat basa dapat melemahkan kemampuan jaringan tumbuhan tersebut dalam mengikat unsur dalam air sehingga unsur yang diserap semakin sedikit dan menyebabkan terganggunya metabolisme tumbuhan. Tanaman dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH 5,5-7 karena proses penyerapan unsur hara pada air dapat berlangsung dengan baik (Agusetyadevy, dkk, 2016).



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Identifikasi pengujian kadar logam berat dilakukan dengan pengujian 5 parameter yaitu Fe, Pb, Hg, Zn dan Cd. Diperoleh hasil Fe yang lebih tinggi kadar nya dari logam berat yang lain yaitu sebesar 5,342 mg/l.
2. Berdasarkan perhitungan efektivitas fitoremediasi menggunakan tanaman (*Typha latifolia*) penurunan logam berat Besi (Fe) menghasilkan penurunan dengan cukup baik pada setiap pengujian dilakukan dan penurunan yang lebih efektif dilihat dari nilai persentase dari setiap pengolahan yaitu pada hari ke-9 dengan nilai persentasenya A1 sebesar 43,11%.

5.2 Saran

Saran dalam penelitian ini adalah:

1. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan analisis pada bagian media tanam (tanah).
2. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengamatan dengan menggunakan air limbah yang lain.
3. Perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis daya serap tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) dengan tujuan untuk penurunan kadar parameter lainnya BOD, COD dan parameter lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusetyadevy., Z. J. (2016). Dasar Nutrisi Tanaman. Rineka Cipta. Jakarta.
- Anam, K. M. (2017). Fitoremediasi Logam Cu dan Zn dengan Tanaman Enceng Gondok. (pp. Hal 57 – 67. ISSN: 1410–2315 Vol 2.). Fakultas MIPA Jurusan Kimia. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.: Jurnal LOGIKA Vol 2, No 2 Juli 2005.
- Andrian, P. (2018). Bioremediasi Merkuri (Hg) Dengan Tumbuhan Air Sebagai Salah Satu Alternatif Penanggulangan Limbah Tambang Emas Rakyat. . Agritek, Vol. 17,.No.5.
- Ardilla dkk. (2012). Analisis Besi (Fe) dan Aluminium (Al) dalam Tanah Lempung di Daerah Kabupaten Tanah Datar. *Jurnal Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang*, 10-13.
- Bella, F. d. (2018). Analisis Deliniasi Lindi TPA Gampong Jawa Berdasarkan Pemodelan 2D Resistivitas dengan Metode Geolistrik. *Jurnal Aceh Phys*, 137.
- Elawati, N. Y. (2015). Efisiensi Penyerapan Logam Berat tembaga (Cu) Oleh Tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk) dengan waktu kontak yang Berbeda. *Jurnal Peradaban Sains, rekayasa dan Teknologi Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) Bina Taruna Gorontalo*.
- Handayanto dkk. (2017). *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah*. Malang: UB Press.
- Haryati, S. S. (2012). Biomassa Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) pada Tiga Titik Sampling di Desa Puntik Kecamatan Alalak Kabupaten Barito Kuala., (pp. Volume 6.). Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan. *Bioscientiae*.
- Hasibuan, E. (2015). Pengenalan Spektrofotometri pada Mahasiswa yang Melakukan Penelitian di Laboratorium Terpadu Fakultas Kedokteran USU. *Pranata Laboratorium Perguruan Tinggi Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara*.
- Hernahadini dkk. (2020). Uji Kemampuan Daya Serap Hanjuang (*Cordyline fruticosa*) Sebagai Agen Fitoremediasi Logam Pb Pada Media Tanah. *Jurnal Fakultas Bioteknologi dan Biosains Indonesia Vol 7 No 1*, 114-120.
- Hidayat, B. (2015). Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat Dengan Menggunakan Biochar . *Jurnal Pertanian Tropik Vol.2, No.1 Departemen Agroteknologi Fakultas Pertanian USU Medan*, 31-41.
- Irhamni. (2009). Aplikasi Phytoremediasi dalam Penyisihan Ion Logam Kromium (Cr) Dengan Menggunakan Tumbuhan Air (*Typha Latifolia*)., Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.: Thesis.
- Juhriah dan Alam, M. (2016). Fitoremediasi Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Tanah Dengan Tanaman *Celosia plumosa* (Voss) Burv. *Jurnal Biologi Makassar (Bioma), Volume 1, Nomor 1*.
- Kusdianti, & Meirandi, E. (2005). Tinjauan Tentang Bunga Jarak (*Ricinus communis* Linn. *Jurnal Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UPI Bandung*.

- Lazulva, & Apriani. (2012). Analisa Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Dan Kromium (Cr) Padasumur Artesis Dan Sumur Penduduk (Cincin) Di Kelurahan Rejo Sari Kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru. *Jurnal Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Sultan Syarif Kasim Vol. 3 No. 1.*
- Muslimah, S. (2015). Dampak Pencemaran Tanah dan Langkah Pencegahan. *Jurnal Penelitian Vol.2 No. 1.*
- Nurcholis, & Sumarsih. (2007). *Jarak Pagar dan Pembuatan Biodisel.* Kanisius. Yogyakarta.
- Nurfitriana, F. (2019). Fitoremediasi Air Tercemar Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Apu-Apu (*Pistia Stratiotes*) Dengan Sistem Kontinyu. *Skripsi Universitas Islam Negeri Sunan Apel Surabaya.*
- Patandungan, A. (2014). Fitoremediasi Tanaman Akar Wangi (*Vetiver zizaniones*) Terhadap Tanah Tercemar Logam Kadmium (Cd) Pada Lahan TPA Tamangapa Antang Makasar. *Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makasar.*
- Patty, J. O., & Siahaan, R. (2018). Kehadiran Logam-Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Zn) Pada Air dan Sedimen Sungai Lowatag, Minahasa Tenggara-Sulawesi Tenggara. *Jurnal Bioslogos, Februari 2018, Vol. 8 Nomor 1.*
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Puspita dkk, A. D. (2013). Studi Akumulasi Logam Timbal (Pb) dan Efeknya Terhadap Kandungan Klorofil Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Jurnal Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, 44-53.*
- Rabie, H. (2005). of Arbuscular Mycorrhizal Fungus to Red Kidney and Wheat Plants. Tolerance Grow in Heavy Metal Polluted Soil, .. (p. vol.4(4)). *Africah Journal Biotechnology .*
- Rismawati, S. I. (2012). Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Zn Menggunakan Tanaman Jarak pagar . *Jurnal Program Studi Biologi, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.*
- Sari, A. J. (2017). Pengaruh Mikoriza *Glomus faciculatum* terhadap Akumulasi Logam Timbal (Pb) pada Tanaman *Dahlia pinnata*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS),. Surabaya. Edisi Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 2, No.2,(2013).
- Sari, R. N., & Afdal. (2017). Karakteristik Air Limbah Lindi (Leachate) di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang. *Jurnal Fisika UNAD Vol. 6 No, 1.*
- Sulinda, W. D. (2016). Pendataan Penyebaran Merkuri Akibat Pertambangan Emas di Daerah Tasikmalaya, Propinsi Jawa Barat. Kolokium Hasil Lapangan-DIM, 2005. Zhang WH. Dan Tyerman SD. 1999. Inhibition of Water Channels by HgCL₂ in Intact Wheat Root Ce.
- Supriyantini, E., & Endrawati, H. (2015). Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air Sedimen, dan Kerang Hijau (*Penavidiris*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis, 38-45.*

- Supriyantini, E., & Endrawati, H. (2015). Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis Juni 2015 Vol. 18*, 38-45.
- Surahmaida, & Mangkoedihardjo, S. (2017). Uji Kemampuan Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) Dalam Meremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Kadmium (Cd). *Journal of Pharmacy and Science Vol. 2, No.2*, 30-34.
- Ulfani, d. (2019). Identifikasi Pengaruh Hidrogeologi terhadap Penyebaran Lindi di Bagian Timur dan Barat TPA Gampong Jawa Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas . *Jurnal Aceh Phys*, 42.
- Yanlinastuti, & Fatimah, S. (2016). Pengaruh Konsentrasi Pelarut Untuk Menentukan Kadar Zirkonium Dalam Paduan U-Zr Dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-VIS. *Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir Nasional, Semprong Banten, Indonesia*.
- Zamhar, N. (2015). Purun Tikus Berpotensi Perbaiki Kualitas Air Di Rawa Pasang Surut. Edisi 6-12 April 2011 No.3400 Tahun XLI.



LAMPIRAN I

DOKUMENTASI PENELITIAN

Gambar

Keterangan



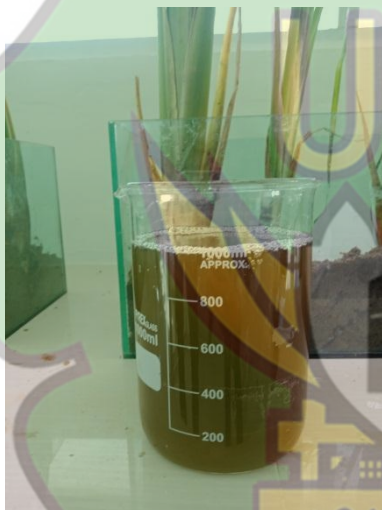
Pengukuran Awal pH Air Lindi



Pengukuran pH Tanah

Gambar**Keterangan**

Proses Penanaman Tanaman Ekor
Kucing (*Typha latifolia*)



Air Lindi TPA Blang Bintang, Aceh
Besar



Proses Penambahan Air Lindi pada
setiap reaktor

Gambar**Keterangan**

Pengujian pH Air Lindi Pada
Masing-Masing Reaktor Hari ke-3



Pengujian pH Tanah Pada Masing-
Masing Reaktor Hari ke-3

Gambar**Keterangan**

Pengujian pH Tanah Pada Masing-Masing Reaktor Hari ke-6



Pengujian pH Air Lindi Pada Masing-Masing Reaktor Hari ke-6

Gambar**Keterangan**

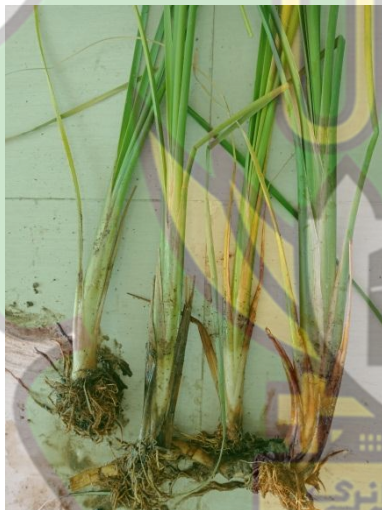
Pengujian pH Tanah Pada Masing-Masing Reaktor Hari ke-9



Pengambilan Media Tanam Tanah

Gambar**Keterangan**

Pengambilan Tanaman Ekor Kucing
(*Typha latifolia*)



Pengambilan Sampel Tanaman Ekor
Kucing (*Typha latifolia*) Setelah
Fitoremediasi

Gambar**Keterangan**

Sampel Air Lindi



LAMPIRAN II

HASIL ANALISA STATISTIK

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Kadar Fe Akar

b. All requested variables entered.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.596 ^a	.355	-.289	5.715

a. Predictors: (Constant), Hari

b. Dependent Variable: Kadar Fe Akar

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	18.000	1	18.000	.551	.593 ^b
	Residual	32.667	1	32.667		
	Total	50.667	2			

a. Dependent Variable: Kadar Fe Akar

b. Predictors: (Constant), Hari

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	93.333	8.731		10.690	.059
	Hari	-1.000	1.347	-.596	-.742	.593

a. Dependent Variable: Kadar Fe Akar

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	84.33	90.33	87.33	3.000	3
Residual	-2.333	4.667	.000	4.041	3
Std. Predicted Value	-1.000	1.000	.000	1.000	3
Std. Residual	-.408	.816	.000	.707	3

a. Dependent Variable: Kadar Fe Akar

Regression**Variables Entered/Removed^a**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Kadar Fe Daun

b. All requested variables entered.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.993 ^a	.987	.974	.816

a. Predictors: (Constant), Hari

b. Dependent Variable: Kadar Fe Daun

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	50.000	1	50.000	75.000	.073 ^b
	Residual	.667	1	.667		
	Total	50.667	2			

a. Dependent Variable: Kadar Fe Daun

b. Predictors: (Constant), Hari

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	78.333	1.247		62.806	.010
	Hari	-1.667	.192	-.993	-8.660	.073

a. Dependent Variable: Kadar Fe Daun

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	63.33	73.33	68.33	5.000	3
Residual	-.333	.667	.000	.577	3
Std. Predicted Value	-1.000	1.000	.000	1.000	3
Std. Residual	-.408	.816	.000	.707	3

a. Dependent Variable: Kadar Fe Daun

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Faktor Translokasi

b. All requested variables entered.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.721 ^a	.519	.038	4.082

a. Predictors: (Constant), Hari

b. Dependent Variable: Faktor Translokasi

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	18.000	1	18.000	1.080	.488 ^b
	Residual	16.667	1	16.667		
	Total	34.667	2			

a. Dependent Variable: Faktor Translokasi

b. Predictors: (Constant), Hari

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	84.333	6.236		13.523	.047
	Hari	-1.000	.962	-.721	-1.039	.488

a. Dependent Variable: Faktor Translokasi

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	75.33	81.33	78.33	3.000	3
Residual	-3.333	1.667	.000	2.887	3
Std. Predicted Value	-1.000	1.000	.000	1.000	3
Std. Residual	-.816	.408	.000	.707	3

a. Dependent Variable: Faktor Translokasi

LAMPIRAN III

HASIL PENGUJIAN



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN KIMIA

LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN

Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/fax. (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: ltpk@che.unsyiah.ac.id

LEMBAR HASIL UJI

NOMOR : 321/JTK-USK/LTPKL/2022

Nama Pelanggan : Ronal Zia Ulhaq
 Alamat Pelanggan : Tanjung Selamat-Aceh Besar
 Tanggal Diterima : 18 Maret 2022
 Jenis Contoh Uji : Air Lindi
 Tanggal di Analisa : 21 Maret 2022
 Untuk Keperluan : Penelitian
 Baku Mutu : Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001
 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

No	Parameter Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Besi (Fe)	mg/l	0,3	5,342	-
2.	Timbal (Pb)	mg/l	0,3	0,036	-
3.	pH	-	6.0-9.0	6,7	-

Darussalam, 21 Maret 2022

Ketua

Dr. Edi Mulyawar, S.T., M.Eng.

NIDK 1969 21/199802 1001

LAMPIRAN IV

PERHITUNGAN FAKTOR TRANSLOKASI

1. Perhitungan Faktor Translokasi (TF) Hari Ke-3

$$TF = \frac{0,021}{0,027}$$

$$TF = 0,78$$

$$TF = \frac{0,025}{0,035}$$

$$TF = 0,71$$

$$TF = \frac{0,043}{0,064}$$

$$TF = 0,67$$

$$TF = \frac{0,073}{0,088}$$

$$TF = 0,83$$

2. Perhitungan Faktor Translokasi (TF) Hari Ke-6

$$TF = \frac{0,032}{0,045}$$

$$TF = 0,71$$

$$TF = \frac{0,047}{0,067}$$

$$TF = 0,70$$

$$TF = \frac{0,052}{0,072}$$

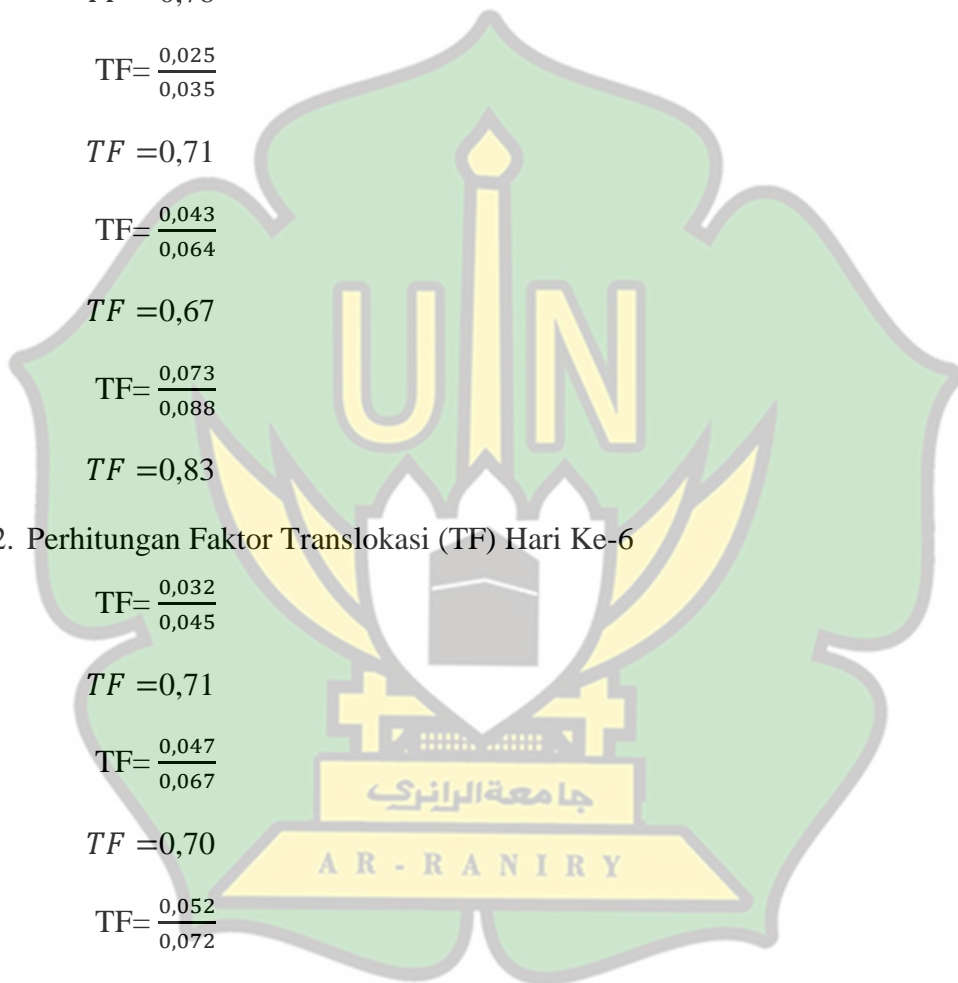
$$TF = 0,72$$

$$TF = \frac{0,069}{0,092}$$

$$TF = 0,75$$

3. Perhitungan Faktor Translokasi (TF) Hari Ke-9

$$TF = \frac{0,036}{0,047}$$



$$TF = 0,77$$

$$TF = \frac{0,056}{0,073}$$

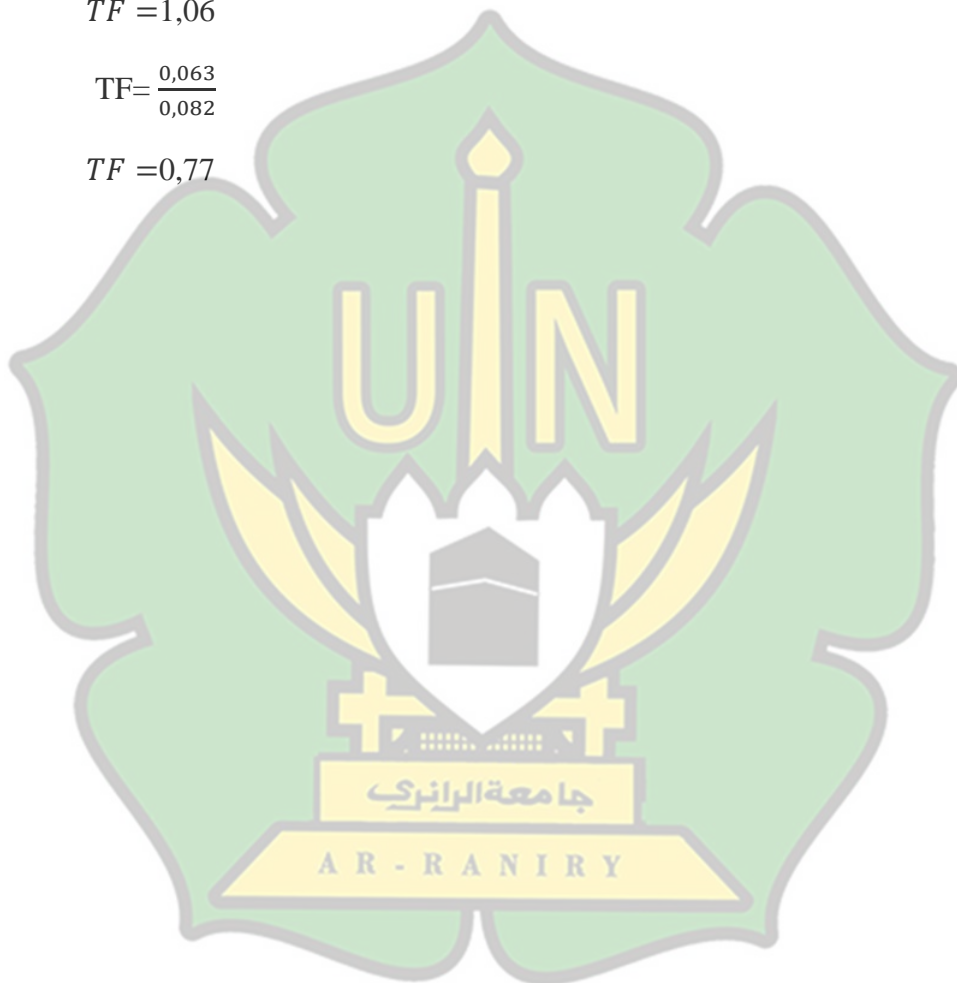
$$TF = 0,77$$

$$TF = \frac{0,083}{0,078}$$

$$TF = 1,06$$

$$TF = \frac{0,063}{0,082}$$

$$TF = 0,77$$



LAMPIRAN V

PERHITUNGAN EFISIENSI PENURUNAN KADAR Fe

1. Perhitungan Penurunan Kadar Fe Pada Konsentrasi 25%

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(0,038-0,023)}{0,038} \times 100\%$$

$$= 39,47\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(0,038-0,020)}{0,038} \times 100\%$$

$$= 47,36\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(0,038-0,018)}{0,038} \times 100\%$$

$$= 52,63\%$$

2. Perhitungan Penurunan Kadar Fe Pada Konsentrasi 50%

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(1,831-1,092)}{1,831} \times 100\%$$

$$= 40,36\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(1,831-1,087)}{1,831} \times 100\%$$

$$= 40,63\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(1,831-1,076)}{1,831} \times 100\%$$

$$= 41,23\%$$

3. Perhitungan Penurunan Kadar Fe Pada Konsentrasi 75%

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(3,210-2,020)}{3,210} \times 100\%$$

$$= 37,07\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(3,210-2,016)}{3,210} \times 100\%$$

$$= 37,19\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(3,210-2,010)}{3,210} \times 100\%$$

$$= 37,38\%$$

4. Perhitungan Penurunan Kadar Fe Pada Konsentrasi 100%

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(5,342-3,061)}{5,342} \times 100\%$$

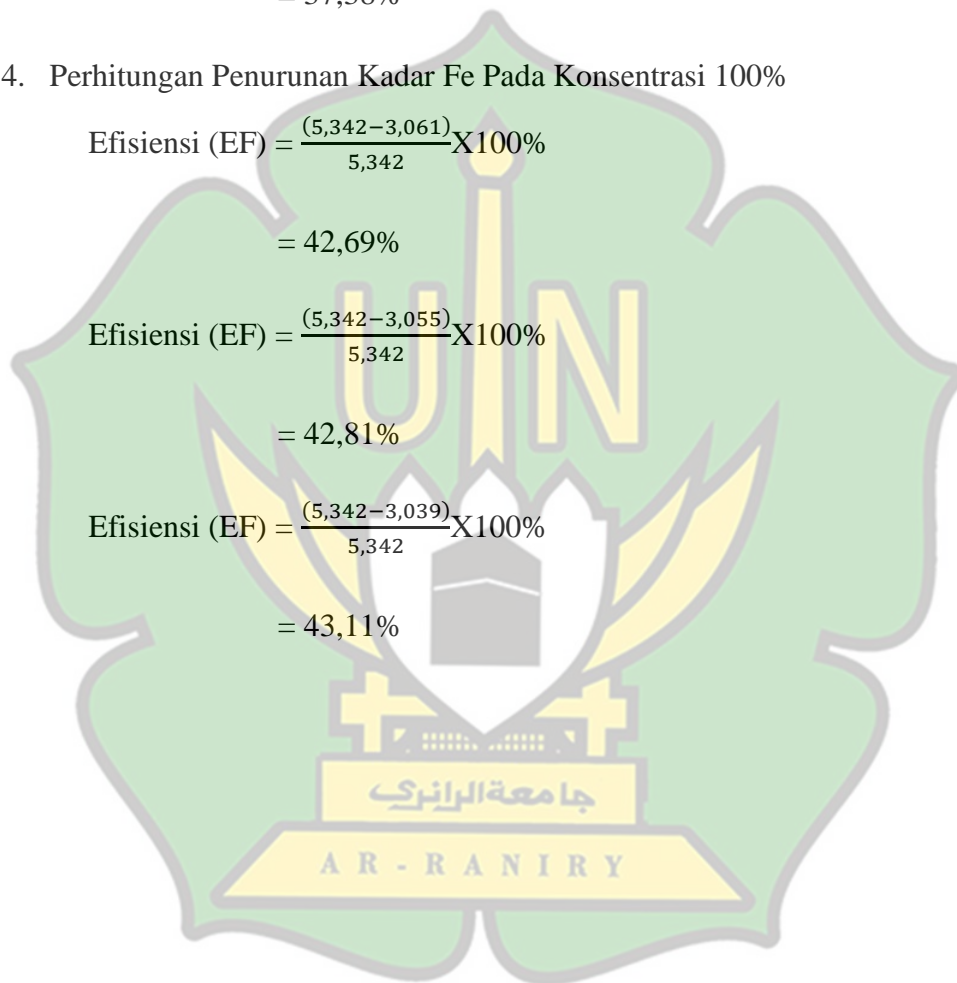
$$= 42,69\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(5,342-3,055)}{5,342} \times 100\%$$

$$= 42,81\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(5,342-3,039)}{5,342} \times 100\%$$

$$= 43,11\%$$





RIWAYAT HIDUP PENULIS

Ronal Zia Ulhaq dilahirkan di Gampong Meudang Ara, Kecamatan Blang Pidie, Kabupaten Aceh Barat Daya pada hari Sabtu tanggal 8 Agustus 1998. Anak ketiga dari lima bersaudara pasangan dari Bapak Ramli Nur dan Ibu Hamnah.

Peneliti menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 7 Blang Pidie pada tahun 2010. Pada tahun itu juga peneliti melanjutkan Pendidikan Menengah Pertama di SMPN 1 Blang Pidie dan tamat pada tahun 2013, kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Aceh Barat Daya dan tamat pada tahun 2016. Pada tahun 2016 peneliti juga melanjutkan Pendidikan Perguruan Tinggi di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi. Pada pendidikan perguruan tinggi, peneliti menyelesaikan kuliah Srata-1 (S1) pada tahun 2022.

