

**FITOREMEDIASI LOGAM BERAT BESI (Fe)  
MENGUNAKAN TANAMAN PURUN TIKUS (*Eleocharis dulcis*)  
PADA AIR LINDI  
(Studi Kasus Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Di Kecamatan Pasie Raja,  
Aceh Selatan)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Oleh:**

**SYAMSU WATI  
NIM. 160702102  
Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2022 M/1443 H**

**LEMBARAN PERSETUJUAN**  
**FITOREMEDIASI LOGAM BERAT BESI (Fe)**  
**MENGGUNAKAN TANAMAN PURUN TIKUS (*Eleocharis dulcis*) PADA AIR LINDI**  
**(Studi Kasus Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Di Kecamatan Pasie Raja, Aceh Selatan)**

**TUGAS AKHIR**

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

**Diajukan oleh:**

**Syamsu Wati**

**NIM. 160702102**

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan**  
**Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh**

**Banda Aceh, 21 Maret 2022**

**Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:**

**Pembimbing I**



**Dr. Irhamni, ST. MT.,IPM**  
**NIDN: 0102107101**

**Pembimbing II**

**Dr. Abdul Majahid Hamdan, M.Sc**  
**NIDN: 2013128901**

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



**(Dr. Eng. Nur Aida, M.Si)**  
**NIDN: 2016067801**

**LEMBARAN PENGESAHAN**  
**FITOREMEDIASI LOGAM BERAT BESI (Fe)**  
**MENGGUNAKAN TANAMAN PURUN TIKUS (*Eleocharis dulcis*) PADA AIR LINDI**  
**(Studi Kasus Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Di Kecamatan Pasie Raja, Aceh Selatan)**

**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 Kimia

Pada Hari/Tanggal : Sabtu, 03 Juli 2022  
03 Julhijjah 1443

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

**Ketua,**



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

**Sekretaris,**

Dr. Abdul Mujahid Hamdan, M.Sc  
NIDN: 2013128901

**Penguji I,**



Muslich Hidayat, M.Si  
NIDN: 2002037902

**Penguji II,**

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

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



  
Dr. H. Azhar Amsal, M.Pd  
NIDN. 2001066802

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Syamsu Wati

Nim : 160702102

Program Studi : Teknik Lingkungan

Judul : Fitoremediasi Logam Berat Besi (Fe) Menggunakan Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) Pada Air Lindi (Studi Kasus Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Di Kecamatan Pasie Raja, Aceh Selatan)

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, 21 Maret 2022

Yang menyatakan,



Syamsu Wati

## ABSTRAK

Nama : Syamsu Wati  
NIM : 160702102  
Program Studi : Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi (FST)  
Judul : Fitoremediasi Logam Berat Besi (Fe) Menggunakan Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) Pada Air Lindi (Studi Kasus Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Di Kecamatan Pasie Raja, Aceh Selatan).  
Tanggal Sidang :  
Tebal Skripsi : 75 Halaman  
Pembimbing I : Dr. Irhamni, ST. MT.,IPM  
Pembimbing II : Dr. Abdul Mujahid Hamdan, M.Sc  
Kata Kunci : Tempat Pembuangan Akhir TPA, Air Lindi, Fitoremediasi, Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*).

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pasie Raja merupakan salah satu lokasi pembuangan sampah yang terdapat di Kabupaten Aceh Selatan. TPA Pasie Raja beroperasi pada tahun 2012 dengan tujuan untuk menangani sampah yang terdapat di Kabupaten Aceh Selatan. Metode yang dapat digunakan untuk meremediasi air lindi TPA adalah dengan menggunakan tanaman (fitoremediasi). Tumbuhan ini termasuk dalam kelompok *Cyperaceae* atau teki. Batangnya berbentuk bulat, silindris atau tumpul, berdiameter 2-3 mm dan tinggi mencapai 150 cm, tidak bercabang, memiliki kemampuan ganda, sehingga dapat digunakan sebagai hiperakumulator untuk meningkatkan kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam mengakumulasi logam Besi (Fe) ke dalam biomassa tanaman serta untuk mengetahui pengaruh variasi waktu kontak terhadap kemampuan tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam proses fitoremediasi logam berat Besi (Fe) pada air lindi TPA Pasie Raja, Kabupaten Aceh Selatan. Pada penelitian ini menggunakan media tanam Fe dengan konsentrasi 25%, 50%, 75% dan 100%. sampel yang dianalisis pada tumbuhan Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) 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 0,080  $\mu\text{g/g}$  sedangkan akumulasi logam berat pada akar di minggu kedua lebih rendah dibandingkan dengan hari ke-3 dan hari ke-6 dengan akumulasinya sebesar 0,082  $\mu\text{g/g}$ . Sedangkan untuk kualitas air lindi TPA sudah sesuai yang diharapkan karena memenuhi baku mutu pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

## ABSTRACT

Name : Syamsu Wati  
Student ID : 160702102  
Study Program : Enviromental Engineering, Faculty Science and  
Technology (FST)  
Title : Phytoremediation of Heavy Metal Iron (Fe) Using Purun  
Tikus Plant (*Eleocharis dulcis*) in Leachate Water (Case  
Study at Final Disposal Site (TPA) in Pasie Raja District,  
South Aceh).  
Defense Date :  
Number of Pages : 75 Page  
Thesis Advisor I : Dr. Irhamni, ST. MT.,IPM  
Thesis Advisor II : Dr. Abdul Mujahid Hamdan, M.Sc  
Key Words : Final Disposal Site, Leachate Water, Phytoremediation,  
Purun Rat Plant (*Eleocharis dulcis*).

The Pasie Raja Final Disposal Site (FDS) is one of the waste disposal locations in South Aceh Regency. FDS Pasie Raja operated in 2012 with the aim of handling waste in South Aceh Regency. The method that can be used to remediate landfill leachate is to use plants (phytoremediation). This plant belongs to the Cyperaceae or puzzle group. The stem is round, cylindrical or blunt, 2-3 mm in diameter and up to 150 cm high, has dual capabilities, so it can be used as a hyperaccumulator to improve water quality. This study aims to determine the ability of Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) to accumulate metallic iron (Fe) into plant biomass and to determine the effect of phytoremediation contact time of vetiver plants in remediating Fe contaminated soil. In this study using Fe growing media with concentrations of 25%, 50%, 75% and 100%. samples were analyzed on Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) plants, namely roots and leaves for 9 days of the phytoremediation process. To test 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 from day 3 to day 9 with the highest value on day 9 which was 0.080 g/g while heavy metal accumulation in roots in the second week was lower. compared to day 3 and day 6 with an accumulation of 0.082 g/g. Meanwhile, the quality of the TPA leachate is as expected because it meets the quality standards in Government Regulation Number 82 of 2001 concerning Water Quality Management and Water Pollution Control.

## 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 SAW 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:

1. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.SI. M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Arief Rahman, S.T., M.T., selaku dosen wali Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Dr. Irhamni, S.T., M.T., IPM., selaku dosen pembimbing Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Banda Aceh.
5. Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc selaku pembimbing II tugas akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

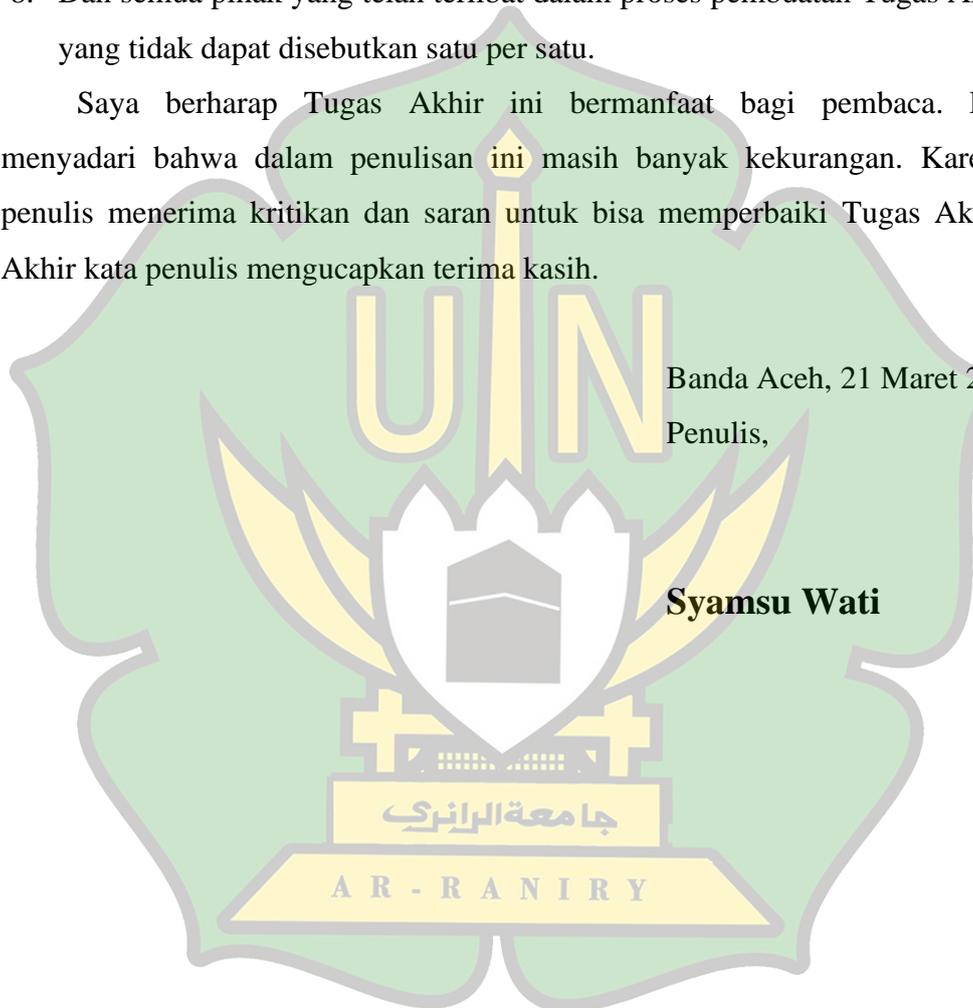
6. Orang Tua, Kakak, Adik, dan keluarga besar saya yang selalu mendoakan penulis serta memberikan dukungan penuh kepada penulis dalam mengerjakan penelitian ini.
7. Teman-teman angkatan 2016 teknik lingkungan yang telah memberikan masukan dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini.
8. Dan semua pihak yang telah terlibat dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Saya berharap Tugas Akhir 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, 21 Maret 2022

Penulis,

**Syamsu Wati**



## DAFTAR ISI

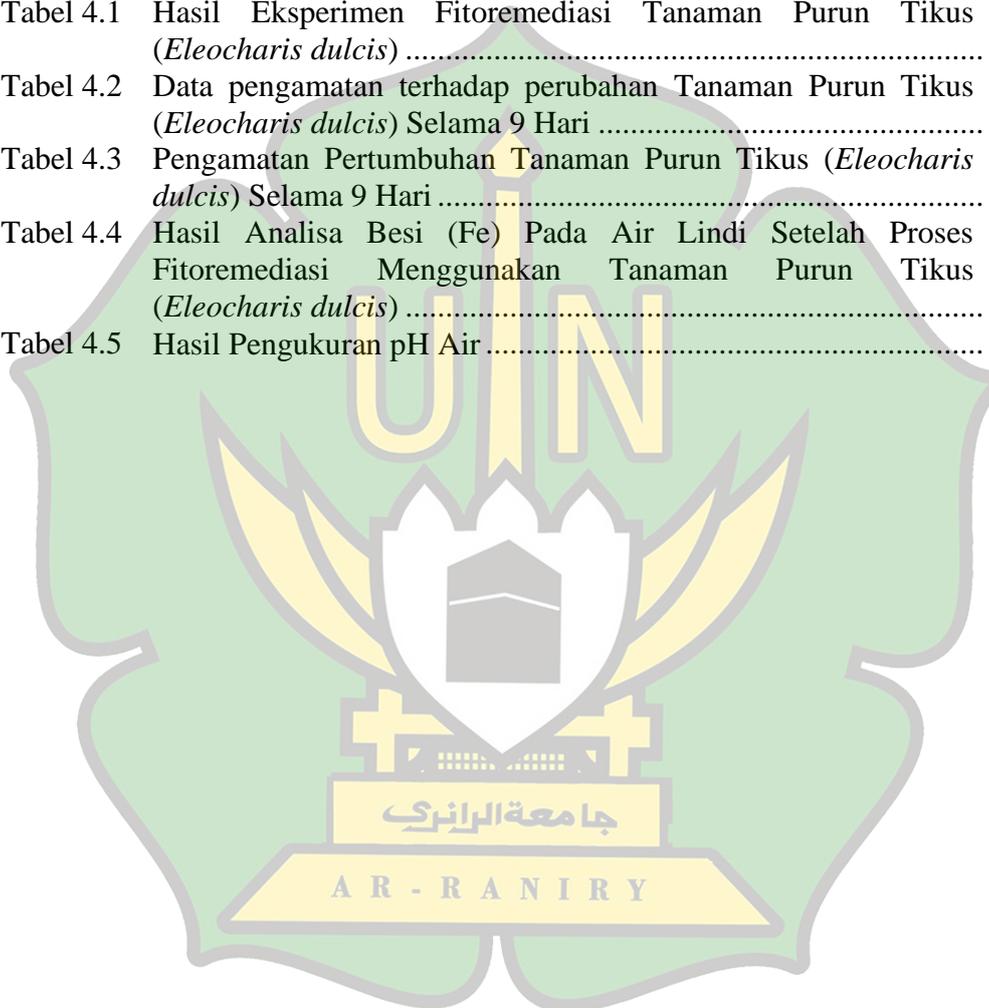
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Tempat Pembuangan Akhir (TPA).....	6
2.1.1 Air Lindi .....	6
2.1.2 Karakteristik Air Lindi .....	7
2.2 Logam Berat .....	9
2.2.1 Logam Berat Besi (Fe) .....	11
2.3 Pencemaran Lingkungan .....	12
2.4 Fitoremediasi .....	13
2.4.1 Macam-Macam Fitoremediasi.....	13
2.4.1 Mekanisme Fitoremediasi.....	15
2.5 Tanaman Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ) .....	16
2.5.1 Klasifikasi Tanaman Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ).....	16
2.5.2 Morfologi Tanaman Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ).....	16
2.6 Baku Mutu .....	17
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Metode Penelitian .....	18
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	18
3.3 Alat dan Bahan .....	19
3.4 Prosedur Percobaan dan Pengujian.....	19
3.5 Parameter Penelitian .....	21
3.6 Eksperimen Fitoremediasi .....	22
3.7 Pengukuran Parameter Uji.....	23
3.8 Analisis Data.....	25
3.9 Diagram Alur Penelitian .....	26

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1 Hasil.....	27
4.2 Pembahasan .....	32
4.2.1 Efektivitas Fitoremediasi Tanaman Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ).....	32
4.2.2 Faktor Translokasi (FT).....	36
4.2.3 Pengaruh Variasi Waktu Kontak Terhadap Kemampuan Tanaman Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ) Sebagai Tanaman Fitoremediator .....	37
4.2.4 Pengukuran pH .....	40
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>42</b>
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran .....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>43</b>
<b>RIWAYAT HIDUP PENULIS.....</b>	<b>63</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Hasil Pengujian Awal Kadar Logam Berat Yang Terdapat Dalam Air Lindi TPA.....	4
Tabel 2.1	Baku Mutu Air Lindi.....	17
Tabel 3.1	Alat dan Bahan.....	19
Tabel 3.2	Desain Eksperimen.....	22
Tabel 4.1	Hasil Eksperimen Fitoremediasi Tanaman Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ) .....	28
Tabel 4.2	Data pengamatan terhadap perubahan Tanaman Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ) Selama 9 Hari .....	29
Tabel 4.3	Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ) Selama 9 Hari .....	30
Tabel 4.4	Hasil Analisa Besi (Fe) Pada Air Lindi Setelah Proses Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ) .....	31
Tabel 4.5	Hasil Pengukuran pH Air .....	41



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ).....	16
Gambar 3.1	Lokasi Pengambilan Sampel Air Lindi TPA Pasie Raja, Aceh Selatan .....	18
Gambar 3.3	Tempat Pengambilan Sampel Air Lindi TPA Pasie Raja, Aceh Selatan .....	20
Gambar 3.4	Gambaran atau Desain Fitoremediasi.....	22
Gambar 4.1	Grafik Pengamatan Perubahan Tanaman Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ) Selama 9 Hari.....	29
Gambar 4.2	Grafik Nilai Faktor Translokasi (FT) Pada Tanaman Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ) .....	37
Gambar 4.3	Grafik Kadar Akumulasi Fe Pada Akar Tanaman Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ) .....	38
Gambar 4.4	Grafik kadar akumulasi Fe pada daun tanaman Purun Tikus ( <i>Eleocharis dulcis</i> ).....	40



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan sumber daya alam yang melimpah. Pertumbuhan penduduk Indonesia sangat pesat. Meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia dapat mengakibatkan bertambahnya jumlah sampah dari kegiatan-kegiatan yang dilakukan sehingga bertambahnya jumlah sampah yang dihasilkan. Meningkatnya jumlah penduduk selain diiringi dengan meningkatnya kuantitas kebutuhan air bersih juga diiringi dengan meningkatnya jumlah polutan yang dihasilkan. Polutan secara signifikan dipengaruhi oleh berbagai aktivitas manusia seperti aktivitas domestik, pertanian dan industri. Adanya kandungan polutan dalam perairan akan berakibat pada ketidaksetimbangan ekosistem perairan dan pencemaran lingkungan karena terdapat senyawa berbahaya yang berasal dari buangan limbah tersebut (Mubin dkk., 2017).

Limbah Menurut Susilowarno, limbah adalah sisa atau hasil sampingan yang berasal dari beragam aktivitas manusia dalam upaya memenuhi kebutuhan hidup. Salah satu jenis sampah di TPA berupa sampah plastik yang tidak mudah rusak dan menimbulkan pencemaran. Pencemaran adalah perilaku dimana bahan pencemar yang disebabkan oleh aktivitas manusia terpapar ke lingkungan, yang menurunkan kualitas udara, air, tanah, dan suara sampai batas tertentu, dan membuat kualitas lingkungan tidak lagi memenuhi baku mutu. Memiliki standar kualitas atau fungsi (Susilowarno, 2017).

Sampah yang dihasilkan banyak, dirangsang oleh berbagai aktivitas masyarakat, sampah terus menumpuk, dan sampah terus menumpuk. Keberadaan TPA memiliki fungsi yang sangat penting yaitu sebagai tempat pembuangan akhir sampah, baik yang didaur ulang sebagai kompos maupun hanya disimpan. Sarana yang memadai dan infrastruktur yang tidak seimbang akan menyebabkan penurunan kualitas lingkungan (Sari dkk., 2017).

Proses dekomposisi mengubah sampah menjadi pupuk organik dan menghasilkan cairan 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 (Saleh & Purnomo, 2018). 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, apabila tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan mengganggu organisme (Haryati dkk., 2018).

Kualitas air perlu mempertimbangkan kelangsungan hidup organisme air dan lingkungan di sekitar lokasi. Jika kualitas lingkungan perairan buruk maka akan berdampak pada lingkungan dan biota perairan itu sendiri. Instalasi pengolahan air limbah lindi terdiri dari tangki aerasi dan tangki stabilisasi, namun masih belum ada pengolahan air limbah yang berkelanjutan (Saleh & Purnomo, 2018). Kemampuan ekosistem untuk memurnikan dirinya sendiri tergantung pada kualitas dan kuantitas pencemaran di lingkungan. Jika pencemarannya relatif kecil dan toksisitasnya rendah, maka proses *self-purification* dapat terjadi dengan cepat dan menstabilkan keseimbangan ekosistem. Jika pencemarannya berat dan berat, proses *self-purification* akan berjalan lambat (Chan dkk., 2017).

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 mudah di cari (Mardekawati dkk., 2017). 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 (Putra, 2019).

Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) merupakan salah satu tanaman yang dapat mengurangi dampak air dari logam berat pada pertambangan, Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) merupakan tanaman liar yang banyak ditemukan di rawa

pasang surut sulfat masam, seperti TPA di Kabupaten Aceh Selatan Rawa yang ditemukan di peternakan Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat digunakan sebagai pupuk organik, penyaring hayati, dan penyerap logam berat seperti timbal (Pb), besi (Fe) dan sulfat (SO<sub>4</sub>) (Asikin dan Thamrin, 2017).

Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) merupakan gulma yang tumbuh dan berkembang biak di rawa pasang surut berlumpur. Tumbuhan ini termasuk dalam kelompok *Cyperaceae* atau teka-teki. Batangnya berbentuk bulat, silindris atau tumpul, berdiameter 2-3 mm dan tinggi mencapai 150 cm, tidak bercabang, berwarna hijau, melalui fotosintesis melalui batang. Daun merosot menjadi pelepah seperti buluh yang mengelilingi pangkal batang, kadang-kadang dengan daun tidak lengkap. Bunganya terletak di ujung batang. Rimpang krokot berdiri tegak atau miring, dekat dengan batang, bercabang menjalar panjang, dan anakan terbentuk saat rimpang berumur 6-8 minggu (Indrayati, 2019).

Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) memiliki banyak manfaat, sehingga dapat digunakan sebagai hiperakumulator untuk meningkatkan kualitas air. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat digunakan sebagai filter biologis untuk meningkatkan kualitas air. Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat digunakan sebagai filter biologis untuk meningkatkan kualitas air musim kemarau dengan menyerap senyawa beracun (seperti Fe dan SO<sub>4</sub>) terlarut di saluran air masuk (irigasi) dan saluran keluar (drain). Keunggulan lain dari Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat digunakan sebagai kerajinan tangan berupa tas, tikar, serta dapat melindungi tanaman petani dari serangan hama (Sunardi dan Istikowati, 2019).

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pasie Raja merupakan salah satu lokasi pembuangan sampah yang terdapat di Kabupaten Aceh Selatan. TPA Pasie Raja beroperasi pada tahun 2012 dengan tujuan untuk menangani sampah yang terdapat di Kabupaten Aceh Selatan. Jumlah penduduk yang di tampung sebanyak 18.271 jiwa dengan volume 36,45 M<sup>3</sup> dan 0,85 ton per hari. Saat ini TPA tersebut dimanfaatkan oleh pemerintah Kabupaten Aceh Selatan Dinas Lingkungan Hidup. Luas TPA Pasie Raja yaitu 5,3 hektar, TPA tersebut sudah memiliki *landfill* dan

kolam lindi akan tetapi tidak di fungsikan dengan baik sehingga masih menggunakan metode *open dumping* (Saputra, 2019).

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti tertarik untuk menguji kemampuan dari tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam mengurangi atau meyerap kadar logam berat Besi (Fe) pada air lindi TPA Pasie Raja, Aceh Selatan sehingga aman jika dilepaskan ke lingkungan perairan dan sesuai dengan baku mutu yang telah ditentukan pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

**Tabel 1.1** Hasil Pengujian Awal Kadar Logam Berat Yang Terdapat Dalam Air Lindi TPA adalah sebagai berikut :

No.	Parameter	Hasil	Baku Mutu	Satuan
1.	Besi (Fe)	4,046	0,3	Mg/l
2.	Timbal (Pb)	0,010	0,03	Mg/l
3.	pH Air	8,1	6-9	-
4.	pH Tanah	6,9	6-9	-

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa air lindi dari TPA Pasie Raja, Aceh Selatan mengandung kadar logam berat Besi (Fe) yang tinggi sehingga harus dilakukan pengolahan agar dapat menjaga lingkungan dari pencemaran air lindi, baik itu lingkungan perairan yang termasuk air tanah, air sungai dan air laut.

## 1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana kemampuan tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam menurunkan kadar logam berat Besi (Fe) pada air lindi Pasie Raja, Kabupaten Aceh Selatan?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu kontak terhadap kemampuan tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam proses fitoremediasi logam berat Besi (Fe) pada air lindi TPA Pasie Raja, Kabupaten Aceh Selatan?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kemampuan tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam menurunkan kadar logam berat Besi (Fe) pada air lindi Pasie Raja, Kabupaten Aceh Selatan.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi waktu kontak terhadap kemampuan tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam proses fitoremediasi logam berat Besi (Fe) pada air lindi TPA Pasie Raja, Kabupaten Aceh Selatan.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai fitoremediasi menggunakan tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam menurunkan kadar logam berat Besi (Fe) pada air lindi TPA Pasie Raja, Kabupaten Aceh Selatan .
2. Dapat menghasilkan suatu material baru yang ramah lingkungan, berkualitas dan bernilai ekonomis.
3. 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 kadar Besi (Fe) hanya dilakukan pada air, akar dan daun.
2. Air lindi yang digunakan terdiri dari 5 variasi konsentrasi yaitu 25%, 50%, 75% dan 100% dengan total per tangki berisi sebanyak 7L yang dilakukan pengenceran dengan air biasa dan menggunakan tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dan kontrol.
3. Pengamatan pada tumbuhan dilakukan dari melihat jumlah daun, warna daun dan tinggi batang tanaman.
4. Parameter uji adalah logam berat Besi (Fe).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tempat Pembuangan Akhir (TPA)**

Berbagai material yang bersumber dari tumpukan sampah yang merupakan kegiatan dan aktifitas manusia baik dari rumah tangga maupun industri. Produksi sampah yang terus meningkat pada suatu daerah tidak terlepas dari populasi penduduk yang terus meningkat sehingga aktifitas 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 (Mardiah dan Riandi, 2019).

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 (Mardiah dan Riandi, 2019).

TPA yang telah di cemari oleh air lindi dapat disebabkan oleh air hujan yang membasahi sampah yang menumpuk. Zat pengotor dari air lindi bersifat toksit 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 (Astuti, 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 (Damanhuri, 2019).

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 (Yatim dan Mukhlis, 2017).

Air lindi yang berada dipermukaan tanah dapat menimbulkan polusi pada air tanah dan air permukaan, hal ini dikemukakan oleh Damanhuri (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.

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 nutrient dan mikroba dan kehadiranin hibitor (Diana, 2019).

Selain itu Sulinda (2016) menyatakan bahwa proses penguraian bahan organic 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.

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 (Sulinda, 2016).

Umur tumpukan sampah juga bias 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 dihasilkannya bervariasi untuk tiap lokasi pembuangan sampah (Sulinda, 2016).

## 2.2 Logam Berat

Logam berat merupakan golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lainnya. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan apabila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. Misalnya apabila unsur logam besi (Fe) masuk ke dalam tubuh, meskipun dalam jumlah yang sedikit berlebihan, biasanya tidak akan menimbulkan pengaruh yang buruk terhadap tubuh, dikarenakan unsur besi (Fe) dibutuhkan dalam darah untuk mengikat oksigen, sedangkan unsur logam berat yaitu logam berat beracun yang dipentingkan seperti tembaga (Cu), apabila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah berlebihan akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh makhluk hidup. Jika yang masuk ke dalam tubuh organisme hidup adalah unsur logam berat beracun seperti hidrargyrum (Hg) atau disebut dengan merkuri (Hg), maka dapat dipastikan bahwa organisme tersebut akan langsung keracunan (Putranto, 2017).

Logam berat adalah logam yang mempunyai berat 5 gram atau lebih untuk setiap cm<sup>3</sup> dan bobot ini beratnya lima kali dari berat air dan logam yang beratnya kurang 5 gram maka tergolong logam ringan. Logam berat memiliki suatu kesatuan jenis logam yang mempunyai bobot molekul lebih besar dari kalsium (Ca). Menurut Putranto (2017) karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut:

1. Memiliki spesifikasi gravity yang sangat besar (lebih dari 4).
2. Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida.
3. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh makhluk hidup melalui makanan, air minum dan udara melalui pernafasan. Logam berat berbahaya karena cenderung terakumulasi di dalam tubuh makhluk hidup. Laju akumulasi logam-logam berat ini di dalam tubuh pada banyak kasus lebih cepat dari kemampuan

tubuh untuk membuangnya. Akibatnya keberadaannya di dalam tubuh semakin tinggi dan dari waktu ke waktu memberikan dampak yang makin merusak (Ernawan dan Mahmud, 2018).

Logam berat yang masuk ke permukaan air akan mengalami oksidasi, radiasi ultraviolet, evaporasi dan polimerisasi. Jika tidak mengalami proses pelarutan, material ini akan saling berikatan dan bertambah berat sehingga tenggelam dan menyatu dalam sedimen. Logam berat yang diadsorpsi oleh partikel tersuspensi akan menuju dasar perairan, menyebabkan kandungan logam di dalam air akan menjadi rendah. Logam berat yang masuk ke perairan akan dipindahkan ke badan air melalui tiga proses yaitu pengendapan, adsorpsi dan absorpsi oleh organisme-organisme perairan (Ernawan dan Mahmud, 2018).

Menurut Putranto (2017) pengelompokan ion-ion logam kedalam 3 kelompok biologi dan kimia (bio-kimia). Pengelompokan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur oksigen atau disebut juga dengan oksigen-seeking metal.
2. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur nitrogen dan atau unsur belerang (sulfur).
3. Logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus (spesifik) sebagai logam pengganti (ion pengganti).

Ada beberapa unsur logam yang termasuk elemen mikro merupakan logam berat yang tidak mempunyai fungsi biologis sama sekali. Logam tersebut bahkan sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan pada organisme, yaitu timbal (Pb), merkuri (Hg), arsen (As), kadmium (Cd) dan aluminium (Al) (Ernawan dan Mahmud, 2018). Diantara berbagai macam logam berat, merkuri digolongkan sebagai pencemar paling berbahaya. Akan tetapi, ternyata produksinya cukup besar dan penggunaannya di berbagai bidang cukup luas (Putranto, 2017).

Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001, kandungan merkuri maksimum dalam air minum kurang dari 0,001 mg/l, dan kegiatan perikanan kurang dari 0,002 mg/l (Belami, dkk, 2013). *Food and Fecal Administration* (FDA) menetapkan ambang batas maksimum merkuri untuk air hingga 0,0005

ppm dan 0,5 ppm untuk makanan, sedangkan *World Health Organisation* (WHO) menetapkan ambang batas minimum untuk air hingga 0,0001 ppm. Jepang, Swiss, dan Swedia menetapkan ambang batas 1 ppm untuk makanan laut yang dapat dimakan, sementara pemerintah Jerman dan Amerika Serikat menetapkan batas 0,5 ppm.

Kandungan merkuri maksimum yang direkomendasikan yang terkandung dalam baku mutu air Golongan A dan B adalah 0,0005 ppm, dan jumlah maksimum yang diperbolehkan adalah 0,0001 ppm. Pada air Kelas C kadar maksimum yang diperbolehkan adalah 0,002 ppm, sedangkan pada Golongan D adalah 0,0005 ppm. Untuk baku mutu air limbah, kadar merkuri yang diperbolehkan pada air kelompok I adalah 0,001 ppm, kelompok II 0,002 ppm, kelompok III 0,005 ppm, dan kelompok IV 0,001 ppm. Studi awal tahun 2002 menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri dalam tailing adalah 55.161 ppm; sedimen 2.599 ppm; tanah 2,188 ppm; rumput 1.468 ppm; ikan 0,850 ppm dan kerang 2,104 ppm, semuanya di atas ambang batas (Kosegeran dan Reichman, 2018).

Kemudian ditegaskan dalam rancangan standar nasional Indonesia (RSNI-2, 2004) bahwa residu logam berat yang masih memenuhi standar BMR (batas residu maksimum) adalah 1,0 ppm (Haruna dkk., 2019). Nilai Ambang Batas (NAB) adalah larutan kimia. Kondisi, dalam hal ini merkuri dianggap tidak berbahaya bagi kesehatan manusia. Jika kandungan merkuri dalam air atau makanan melebihi NAB, maka air dan makanan yang diperoleh dari tempat tertentu harus dinyatakan berbahaya (Kosegeran dan Reichman, 2018).

### **2.2.1 Logam Berat Besi (Fe)**

Besi adalah logam dengan nomor atom 26 dan berat atom 55. Besi (Fe) merupakan salah satu unsur yang ada di bumi dan terdapat di semua lapisan bumi. Besi menyumbang 5-5,6% dari kerak bumi dan 35% dari massa bumi. Besi (Fe) sendiri merupakan unsur esensial yang dibutuhkan oleh organisme termasuk manusia, diantaranya besi (Fe) berperan dalam respirasi sel dan digunakan sebagai kofaktor enzim dalam reaksi reduksi dan oksidasi untuk menghasilkan energi. semua sel tubuh (Vidovati dkk., 2018).

Besi (Fe) merupakan salah satu logam yang banyak terdapat di tanah bumi atau formasi batuan dan badan air, bahkan di beberapa tempat di bumi konsentrasi Fe mencapai 70%. Besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dapat ditemukan dalam kondisi anaerobik dan lingkungan asam. Air tanah sendiri biasanya anaerobik karena jumlah  $\text{CO}_2$  yang relatif besar dan karakteristik pH yang rendah (Effendi, 2017).

Besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) merupakan jenis besi yang terdapat di dalam air dan tanah, hal ini dikarenakan air tanah tidak mengalami kontak langsung dengan oksigen dari atmosfer, konsumsi oksigen bahan organik oleh mikroorganisme menghasilkan keadaan reduksi dalam air tanah. Dampak berlebihnya konsentrasi Fe berpengaruh terhadap warna air yang digunakan, pada perairan yang diperlukan untuk keperluan domestik pengendapan ion ferri dapat menyebabkan karat pada peralatan yang terbuat dari logam, porselin dan perubahan warna baju, sedangkan dampak tingginya Fe pada tubuh manusia dapat menjadi salah satu faktor penyebab munculnya penyakit seperti jantung koroner (Widowati dkk., 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 istilah yang berasal dari kata *phytoremediation* yang terdiri dari kata *phyto* atau *phyton* yang bermakna tumbuhan dan *remedium* bermakna menyembuhkan. Fitoremediasi berarti sebagai sebuah aktivitas tanaman dalam menghilangkan, menghancurkan atau menstabilkan bahan pencemar organik maupun anorganik. Fitoremediasi dengan menggunakan tanaman serta bagian dari tanaman tersebut dalam menurunkan dan penyerapan limbah yang mengandung zat pencemar (Budhi dan Joko, 2018).

*Phytoremediasi* merupakan metode yang sangat populer dalam mengolah air limbah. Dikarenakan limbah yang berbahaya seperti B3 dapat diolah dengan *phytoremediasi* terhadap limbah yang bersifat radioaktif pada lingkungan sekitar. Proses ini merupakan hal yang dialami dengan enam langkah yang dapat dilakukan secara seriel pada zat kontaminan atau sebagai pencemar dalam sekitar area. Selain itu, terdapat tumbuhan seperti hiperakumulator. Tumbuhan ini memiliki kemampuan dalam mengkonsentrasikan logam berat kedalam biomasa dengan tingkat kadar yang tinggi. Tingkat akumulasi yang dapat dilakukan tumbuhan ini terhadap logam berat yang mencapai 0,001%. Namun, kemampuan akumulasi tumbuhan hiperakumulator ini bisa mencapai 11% BK. Tumbuhan yang memiliki hiperakumulator berbeda dengan di dalamnya terdapat biomassa serta batas logam tergantung pada jenis logam tersebut (Budhi dan Joko, 2018).

### **2.4.1 Macam-macam Fitoremediasi**

Fitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan air untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Akhir-akhir ini teknik fitoremediasi mengalami perkembangan pesat karena terbukti lebih murah dibandingkan metode lainnya, misalnya penambahan lapisan permukaan tanah. Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi, tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi (Juhaiti dkk., 2017).

Fitoremediasi dapat dibagi menjadi enam bagian yaitu:

1. *Phytoaccumulation* merupakan tumbuhan yang dapat memproses atau menarik zat kontaminan menggunakan media. Dengan demikian pada sekitar akar tumbuhan dapat berakumulasi, proses dengan metode ini dapat disebut sebagai *hyperaccumulation*.
2. *Rhizofiltration* adalah system atau cara pengendapan dan adsorpsi terhadap zat kontaminan yang menempel pada akar. Proses seperti ini telah dilakukan dan dibuktikan pada saat percobaan penanaman tumbuhan bunga matahari di Chernobyl Ukraina yang mengandung zat radio aktif.
3. *Phytostabilization* merupakan penempelan untuk zat-zat kontaminan pada akar batang tumbuhan tertentu yang tidak dapat terserap kedalam. Secara pasti zat ini menempel sangat erat pada akar. Sehingga aliran air yang deras pun tidak bisa terbawa dan terus melekat pada media tersebut.
4. *Rhizodegradation* atau (*enhanced rhizosphere biodegradation, oiplantedassisted bioremediation degradation*) merupakan aktivitas mikroba yang dapat menguraikan zat-zat yang bersifat kontaminan disekitar akar tumbuhan, seperti: fungi, ragi, dan bakteri.
5. *Phytodegradation* adalah proses yang digunakan pada tumbuhan dalam menguraikan zat bersifat kontaminan yang memiliki rantai molekul. Selain itu, dapat menjadi bahan yang kompleks dan tidak berbahaya dengan molekul yang lebih sederhana. Kemudian berguna untuk pertumbuhan pada tumbuhan tersebut. Proses seperti ini dapat berlangsung secara kontinyu untuk akar, batang, daun yang berhubungan dengan bantuan enzyme dari tumbuhan tersebut. Enzyme yang keluar dari beberapa tumbuhan bersifat bahan kimia yang dapat memproses degradasi.
6. *Phytovolatilization* adalah suatu proses untuk menarik dan transpirasi terhadap zat kontaminan pada tumbuhan. Penarikan yang diproses ini berbentuk larutan yang telah terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya. Selanjutnya, atmosfer digunakan untuk meluapkan dari proses tersebut. Tumbuhan ini setiap harinya dapat menguapkan air dari 200 hingga 1000 liter pada setiap batangnya.

### 2.4.2 Mekanisme Fitoremediasi

Mekanisme biologis dari hiperakumulasi unsur logam pada dasarnya meliputi proses-proses yaitu sebagai berikut :

1. Interaksi Rizosferik yaitu proses interaksi akar tanaman dengan medium tumbuh (tanah dan air). Dalam hal ini tumbuhan hiperakumulator memiliki kemampuan untuk melarutkan fungsi logam pada rizosfer dan menyerap logam bahkan dari fraksi tanah yang tidak bergerak sekali sehingga menjadikan penyerapan logam oleh tumbuhan hiperakumulator melebihi tumbuhan normal.
2. Proses penyerapan logam oleh akar pada tumbuhan hiperakumulator lebih cepat dibandingkan tumbuhan normal terbukti dengan adanya konsentrasi logam yang tinggi pada akar. Akar tumbuhan hiperakumulator memiliki daya selektifitas yang tinggi terhadap unsur logam tertentu.
3. Sistem translokasi untuk dari akar ke tajuk pada tumbuhan hiperakumulator lebih efisien dibandingkan tanaman normal. Hal ini dibuktikan oleh nisbah konsentrasi logam tajuk atau akar pada tumbuhan hiperakumulator lebih dari satu.

Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Pembentukan reduktase di membran akar berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya di angkut melalui kanal khusus di dalam membran akar. Setelah logam di bawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus di angkut melalui jaringan pengangkut, yaitu *xylem* dan *floem* ke bagian tumbuhan lain oleh molekul khelat. Berbagai molekul khelat yang berfungsi mengikat logam dihasilkan oleh tumbuhan, misalnya histidin yang terikat pada Ni dan fitohelation-gelulation yang terikat pada Cd (Juhaiti dkk., 2017).

## 2.5 Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*)

Purun tikus (*E. dulcis*) merupakan tumbuhan yang dapat beradaptasi dengan baik pada lahan rawa yang tergenang air dan tumbuhan ini juga banyak ditemukan di daerah persawahan (Andrian, 2018).

### 2.5.1 Klasifikasi Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*)

Adapun klasifikasi purun tikus (*E. dulcis*) menurut Steenis (2003) yaitu:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub-divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledonae</i>
Ordo	: <i>Cyperales</i>
Famili	: <i>Cyperaceae</i>
Genus	: <i>Eleocharis</i>
Spesies	: <i>Eleocharis dulcis</i>



**Gambar 2.1** Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*)

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2021

### 2.5.2 Morfologi Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*)

Purun tikus (*E. dulcis*) tanaman yang memiliki banyak manfaat terutama untuk membuat kerajinan tangan, seperti membuat tikar dan lain sebagainya. Selain itu purun tikus (*E. dulcis*) digunakan sebagai biofilter untuk meningkatkan kualitas air, dapat menyerap senyawa toksik terlarut seperti Fe dan SO<sub>4</sub> mampu menyerap timbal (Pb) pada limbah cair industri kelapa sawit. Purun tikus (*E. dulcis*) tergolong sebagai hiperakumulator logam berat dan juga dapat berfungsi menurunkan konsentrasi besi (Fe) terlarut (Indrayati, 2019).

Tumbuhan purun tikus (*E. dulcis*) memiliki agen fitoremediasi yang mampu bertahan pada kondisi pH air dan tanah yang ekstrim, selain itu purun tikus (*E. dulcis*) juga mampu dalam mereduksi logam Fe dan Mn dan juga bersifat fitoekstraksi (Trin, dkk, 2017).

## 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 kelingkungan 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 Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Lindi

Parameter	Kadar Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
pH	6-9	-
BOD	150	mg/L
COD	300	mg/L
TSS	100	mg/L
N Total	60	mg/L
Merkuri	0,005	mg/L
Kadmium	0,1	mg/L
Besi	0,3	mg/L

Sumber : Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

## BAB III

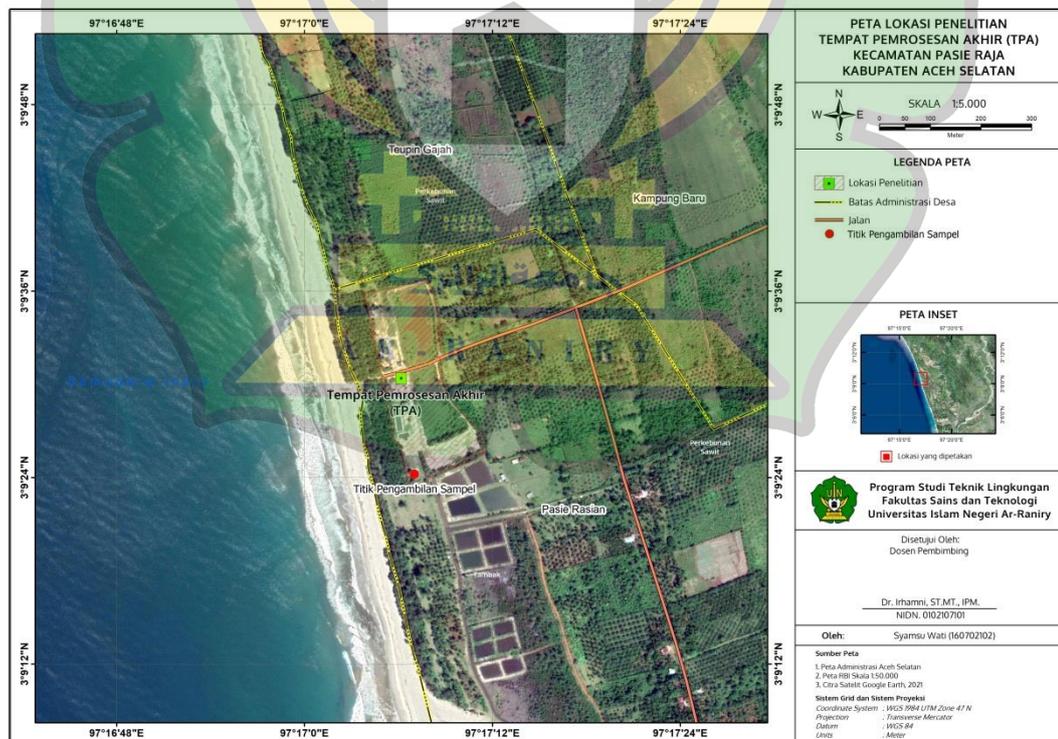
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan konsep penelitian kuantitatif yang bersifat eksperimental yaitu peneliti melakukan eksperimen terhadap efektivitas tanaman Purun Tikus dengan menggunakan metode fitoremediasi pada air lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Pasie Raja, Aceh Selatan dengan tujuan untuk menurunkan kadar pencemar pada air lindi sehingga aman untuk dilepaskan ke lingkungan, dengan parameter-parameter pencemar yang akan diuji yaitu logam berat Besi (Fe) yang telat melebihi dari baku mutu yang telah ditentukan.

#### 3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dan penyelesaian Tugas Akhir ini dilakukan dari bulan Agustus sampai bulan Desember 2021. Sampel air lindi diambil dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pasie Raja, Aceh Selatan.



**Gambar 3.1** Lokasi Pengambilan Sampel Air Lindi TPA Pasie Raja, Aceh Selatan  
(Google Maps, 2021)

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

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada 3.1:

**Tabel 3.1** Alat dan Bahan

No	Alat yang digunakan dalam eksperimen			
	Nama Alat	Volume	Satuan	Peruntukan
1	Aquarium	7	Liter	Tangki Penampungan Air Lindi
2	Jerigen	20	Liter	Sampel Air Lindi
3	Gayung Plastik	1	-	Mengambil Sampel
4	Cool box	1	-	Menyimpan Sampel
5	Botol Plastik	17	-	Pengujian Sampel
6	Alat Tulis	1	-	Catatan Hasil Uji
Bahan yang digunakan dalam eksperimen				
1	Tanaman Purun Tikus	100	Batang	Tanaman Eksperimen
2	Air Lindi	20	Liter	Sampel Lindi
3	Tanah	10	Kg	Media Tanam

### 3.4 Metode dan Rancangan Eksperimen

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Perlakuan yang digunakan adalah perlakuan secara kelompok dalam 1 perlakuan. Perlakuan yang dilakukan adalah dengan variasi konsentrasi dalam pengenceran yaitu 25%, 50%, 75% dan 100% ke dalam masing-masing bak fitoremediasi yang telah berisi media tanam yaitu tanah dengan tinggi 5 cm dan 9 tanaman purun tikus (*E. dulcis*) dengan ketinggian masing-masing tanaman yaitu berkisar antara 50-100 cm dan juga kontrol.

Perbandingan untuk pengenceran air lindi yaitu sebagai berikut:

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

- 3) 50% dengan perbandingan 2:2 yaitu air lindi sebanyak 3,5L dan air sumur sebanyak 3,5L.
- 4) 75% dengan perbandingan 3:1 yaitu air lindi sebanyak 5,25L dan air sumur sebanyak 1,75L.
- 5) 100% air lindi tanpa pengenceran sebanyak 7L.

#### 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 20L dan dimasukkan ke dalam *cool box*.



Gambar 3.3 Tempat Pengambilan Sampel Air Lindi TPA Paie Raja, Aceh Selatan

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2021)

#### 3.4.2 Transportasi Sampel

Transportasi dari lokasi pengambilan sampel ke Banda Aceh menggunakan transportasi L300 dan sampel dimasukkan ke dalam *cool box* dengan tujuan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme sekaligus menjaga

keseimbangan suhu di dalam perjalanan dengan waktu perjalanan selama 1 hari ke laboratorium.

### **3.4.3 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 Persiapan Media**

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menyediakan alatnya yaitu tangki kaca, kemudian dimasukkan tanah sebagai media tanam untuk tanaman purun tikus (*E. dulcis*) sebanyak 20 tanaman dan dimasukkan sampel air lindi sesuai dengan variasi yang sudah ditentukan, tangki tersebut berisi volume air sebanyak 7L pada tangki yang telah disediakan serta kontrol.

### **3.5.2 Aklimatisasi tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*)**

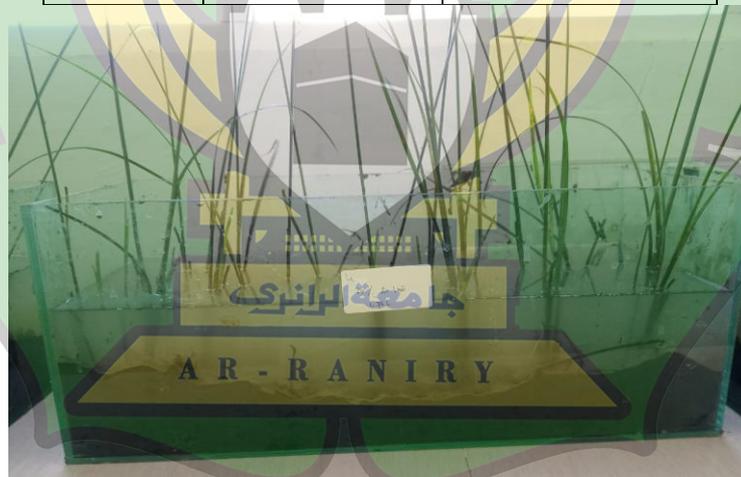
Aklimatisasi tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dilakukan sekaligus secara alami yaitu memasukkan air lindi dan juga tanaman purun tikus (*E. dulcis*) ke dalam tangki yang telah berisi media tanam selama 7 hari dengan menggunakan air lindi yang bertujuan untuk menyesuaikan tanaman dan beradaptasi pada lingkungan baru (Irsyad, 2014).

### **3.5.3 Penanaman Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*)**

Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) sejumlah 100 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 Purun Tikus (*E. dulcis*) ditunjukkan pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Desain Eksperimen

Perlakuan	Waktu (Hari)	Label
0%	0	L0
	3	
	6	
	9	
25%	0	L1
	3	
	6	
	9	
50%	0	L2
	3	
	6	
	9	
75%	0	L3
	3	
	6	
	9	
100%	0	L4
	3	
	6	
	9	

**Gambar 3.4** Gambaran Penelitian Fitoremediasi

### 3.6 Eksperimen Fitoremediasi

Eksperimen fitoremediasi tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Air lindi yang telah disiapkan, dimasukkan ke dalam tangki masing-masing.

2. Tanaman yang sudah diaklimatisasi 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, 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 Patandungan (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 Fe Pada Air Lindi**

Sampel yang diambil di media tanam yang telah dicampurkan pencemar buatan dan sudah ditanamkan Purun Tikus (*E. dulcis*) 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 Fe 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<sub>3</sub> (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 Fe 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 besi (Fe) 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) Dichelupkan 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:

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

### 3.8 Analisis Data

#### 3.8.1 Efektivitas Penurunan

Persentase efisiensi 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 Besi (Fe) pada hasil akhir proses fitoremediasi.

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(C_0 - C_t) \times 100\%}{C_0} \quad \text{Pers.} \quad 1$$

Keterangan:

EF= Efisiensi variasi tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*)

C<sub>0</sub> = konsentrasi awal sampel (mg/L)

C<sub>t</sub> = konsentrasi akhir sampel (mg/L)

### 3.8.2 Faktor Translokasi (FT)

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

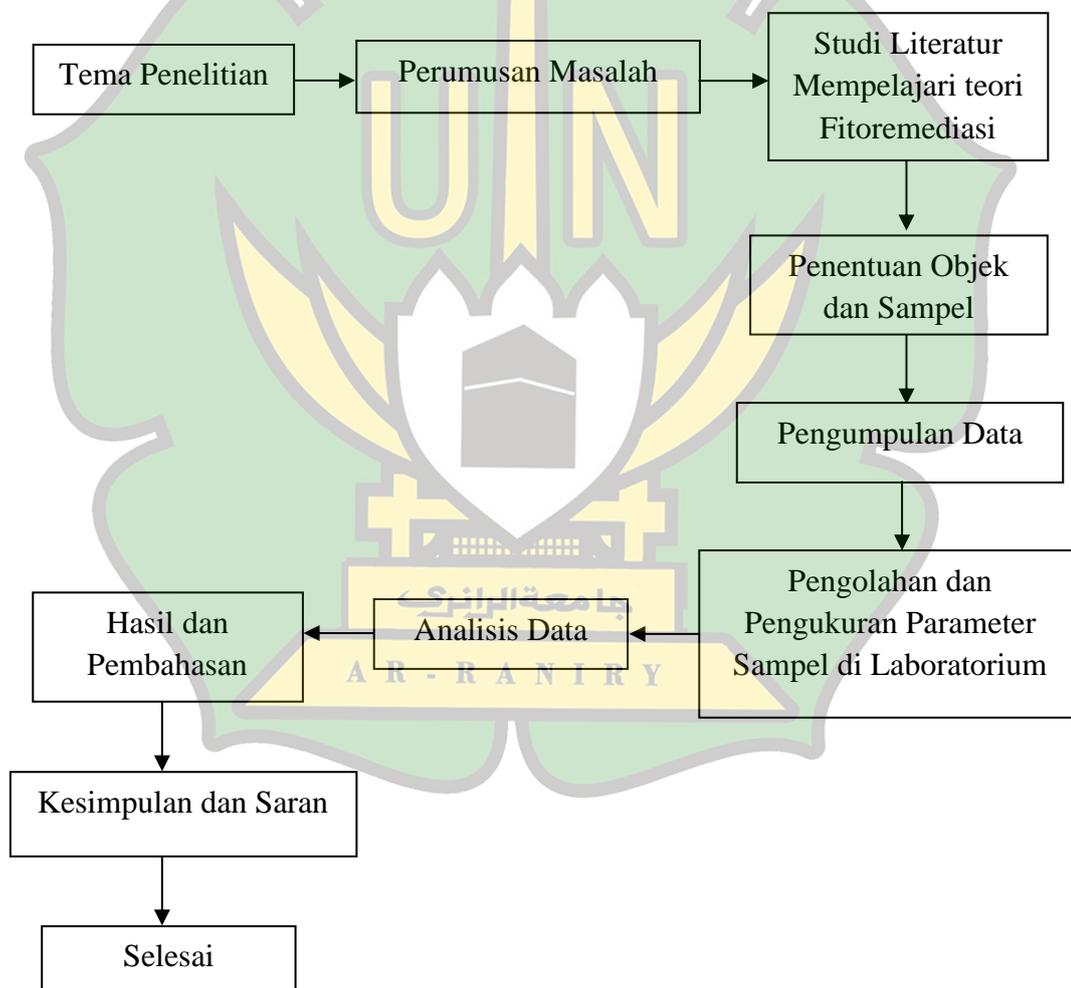
$$FT \text{ Fe} = \frac{\text{Logam berat pada daun } (\mu\text{g/g})}{\text{Logam berat pada akar } (\mu\text{g/g})} \quad \text{Pers.} \quad 2$$

Keterangan:

FT Fe : Faktor Translokasi

### 3.9 Diagram Alur Penelitian

Diagram alur penelitian Tugas Akhir ini ditunjukkan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil

Hasil pengujian sampel pada tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) setelah perlakuan fitoremediasi ditunjukkan pada Tabel 4.1. Penyerapan atau akumulasi logam berat Fe dalam akar dan daun tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) bervariasi seiring dengan lamanya waktu yang digunakan dalam proses fitoremediasi. Pada hari ke-3 akumulasi logam berat Fe pada akar L1 sebesar 0,020 µg/g, L2 sebesar 0,025 µg/g, L3 sebesar 0,054 µg/g dan L4 sebesar 0,078 µg/g, sedangkan akumulasi pada daun L1 sebesar 0,017 µg/g, L2 sebesar 0,022 µg/g, L3 sebesar 0,040 µg/g dan L4 sebesar 0,068 µg/g. Pada hari ke-6 akumulasi logam berat Fe pada akar L1 sebesar 0,038 µg/g, L2 sebesar 0,057 µg/g, L3 sebesar 0,062 µg/g dan L4 sebesar 0,082 µg/g, sedangkan akumulasi pada daun L1 sebesar 0,029 µg/g, L2 sebesar 0,043 µg/g, L3 sebesar 0,047 µg/g dan L4 sebesar 0,064 µg/g. Sedangkan untuk hari ke-9 akumulasi logam berat Fe pada akar L1 sebesar 0,037 µg/g, L2 sebesar 0,063 µg/g, L3 sebesar 0,068 µg/g, L4 sebesar 0,072 µg/g dan akumulasi pada daun L1 sebesar 0,031 µg/g, L2 sebesar 0,052 µg/g, L3 sebesar 0,080 µg/g dan L4 sebesar 0,060 µg/g.

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 0,080 µg/g sedangkan akumulasi logam berat pada akar di minggu kedua lebih rendah dibandingkan dengan hari ke-3 dan hari ke-6 dengan akumulasinya sebesar 0,082 µg/g.

Untuk hasil translokasi Fe dari akar ke daun (FT) yang terlihat pada Tabel 4.1 menunjukkan hasil bahwa translokasi Fe ke daun (FT) pada hari ke-3 L1 sebesar 0,85, L2 sebesar 0,88, L3 sebesar 0,74, L4 sebesar 0,87 dan untuk hari ke-6 translokasi Fe ke daun (FT) L1 sebesar 0,76, L2 sebesar 0,75, L3 sebesar 0,75 dan L4 sebesar 0,78, sedangkan pada hari ke-9 translokasi Fe ke daun (FT) yaitu L1 sebesar 0,83, L2 sebesar 0,82, L3 sebesar 1,17 dan L4 sebesar 0,83.

**Tabel 4.1** Hasil Eksperimen Fitoremediasi Tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*)

Perlakuan	Waktu (Hari)	Label Sampel	Fe Akar ( $\mu\text{g/g}$ )	Fe Daun ( $\mu\text{g/g}$ )	TF
25%	3	L1	0,020	0,017	0,85
	6		0,038	0,029	0,76
	9		0,037	0,031	0,83
50%	3	L2	0,025	0,022	0,88
	6		0,057	0,043	0,75
	9		0,063	0,052	0,82
75%	3	L3	0,054	0,040	0,74
	6		0,062	0,047	0,75
	9		0,068	0,080	1,17
100%	3	L4	0,078	0,068	0,87
	6		0,082	0,064	0,78
	9		0,072	0,060	0,83

Ket : TF = Faktor Translokiasi

Adapun data pengamatan terhadap perubahan tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) pada proses fitoremediasi selama 9 hari dapat dilihat pada Tabel 4.2. Parameter pengamatan yang dilihat yaitu perubahan warna pada daun dan jumlah daun.

**Tabel 4.2** Data pengamatan terhadap perubahan Tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) Selama 9 Hari

Parameter Pengamatan	Waktu												
	Hari Ke-3					Hari Ke-6				Hari Ke-9			
	Kontrol	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
Warna daun hijau	30	32	30	26	30	28	27	26	27	37	29	28	26
Warna daun kuning	4	6	6	8	5	7	8	7	7	1	6	7	8
Warna daun coklat	1	2	4	4	5	5	5	5	6	2	5	5	6



**Gambar 4.1** Grafik Pengamatan Perubahan Tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) Selama 9 Hari

Pengamatan tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) 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 Purun Tikus (*E. dulcis*) 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 4.3** Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) Selama 9 Hari

No.	Waktu Fitoremediasi	Gambar Pengamatan
1.	Hari Ke-3	
2.	Hari Ke-6	
3.	Hari Ke-9	

Pengamatan tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) dari hari ke 0-3 tanaman juga sudah memperlihatkan perubahan fisiologi, seperti penambahan jumlah daun dan perubahan warna daun, sementara untuk batang tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) dari hari pertama hingga ketiga tidak mengalami penambahan. Pada hari ketiga pengamatan, tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) memperlihatkan adanya penambahan pucuk tanaman di antaranya sampel L0, L1, L2, L3, dan L4. Sementara pada pengamatan tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) dari hari ke 3-6 terjadi perubahan fisiologi pada tanaman, sementara untuk batang tanaman Purun

Tikus (*E. dulcis*) berdasarkan pengukuran peneliti tidak mengalami penambahan. Pengamatan tanaman pada hari ke 6-9, tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) memperlihatkan adanya penambahan pucuk daun diantaranya sampel L0, L1, L2, L3 dan L4. Sementara itu tanaman juga mengalami penambahan atau pertumbuhan daun pada tanaman berwarna hijau. Namun untuk batang tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) tidak mengalami penambahan dari hasil pengukuran dari hari pertama sampai akhir penelitian.

Sedangkan air lindi yang di fitoremediasi dengan menggunakan tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) dengan variasi konsentrasi air lindi 25%, 50%, 75%, 100% dan kontrol serta variasi pemanenan pada umur tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) 0, 3, 6 dan 9 hari. Hasil pengujian sampel pada tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) setelah perlakuan fitoremediasi ditunjukkan pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.4** Hasil Analisa Besi (Fe) Pada Air Lindi Setelah Proses Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*)

Perlakuan	Waktu (Hari)	Label Sampel	Fe Awal (mg/l)	Fe Akhir (mg/l)	Efisiensi	*Baku Mutu (mg/l)
25%	3	L1	0,039	0,033	15,38%	0,3
	6			0,035	10,25%	
	9			0,028	28,20%	
50%	3	L2	0,057	0,052	8,77%	
	6			0,047	17,54%	
	9			0,043	24,56%	
75%	3	L3	0,065	0,060	8,0%	
	6			0,056	13,84%	
	9			0,050	23,07%	
100%	3	L4	4,046	0,069	98,29%	
	6			0,051	98,73%	
	9			0,041	98,98%	

\* Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Hasil pengujian fitoremediasi yang terlihat pada Tabel 4.3 menunjukkan hasil bahwa pada persentasi 25%, 50%, 75% dan 100% 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. Setiap pengujian menghasilkan

penurunan secara signifikan dengan penurunan yang baik setiap pengujian dilakukan.

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Efektivitas Fitoremediasi Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*)

Efektivitas fitoremediasi tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*), dimana masing-masing reaktor terdiri dari 20 batang tanaman, setiap reaktor berisikan air lindi dengan perbandingan persentasi yaitu 0% (kontrol), 25%, 50%, 75% dan 100%. Proses fitoremediasi pada penelitian ini menggunakan sistem *batch* dimana perlakuan pada tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) dilakukan dengan cara mendiamkan tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) tersebut ke dalam reaktor yang berisikan air lindi yang telah dilakukan pengenceran dengan perbandingan 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 Purun Tikus (*E. dulcis*) mengalami perubahan morfologi. Proses aklimatisasi pada tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) telah mengakibatkan perubahan pada bagian daun tanaman, perubahan tersebut yakni meliputi daun yang semula berwarna hijau kemudian mengering dan menjadi berwarna coklat.

Proses uji logam berat Besi (Fe) di air pada hari ke-0 dengan perlakuan 0% air lindi sebesar 0,011 mg/L, 25% air lindi sebesar 0,039 mg/L, sedangkan pada 50% air lindi mencapai hasil uji sebesar 0,057 mg/L, pada 75% air lindi sebesar 0,065 mg/L dan pada 100% air lindi mencapai 4,046 mg/L. Pengujian logam berat Besi (Fe) di air pada hari ke-3 dengan perlakuan 0% air lindi sebesar 0,008 mg/L, 25% air lindi sebesar 0,033 mg/L, sedangkan pada 50% air lindi mencapai hasil uji sebesar 0,052 mg/L, pada 75% air lindi sebesar 0,060 mg/L dan pada 100% air lindi mencapai 0,069 mg/L dan pada pengujian logam berat Besi (Fe) di air pada hari ke-6 dengan perlakuan 0% air lindi sebesar 0,006 mg/L, 25% air lindi sebesar 0,035 mg/L, sedangkan pada 50% air lindi mencapai hasil uji sebesar 0,047 mg/L, pada 75% air lindi sebesar 0,056 mg/L dan pada 100% air lindi mencapai 0,051 mg/L dan pada pengujian logam berat Besi (Fe) di air pada hari

ke-9 dengan perlakuan 0% air lindi sebesar 0,003 mg/L, 25% air lindi sebesar 0,028 mg/L, sedangkan pada 50% air lindi mencapai hasil uji sebesar 0,043 mg/L, pada 75% air lindi sebesar 0,050 mg/L dan pada 100% air lindi mencapai 0,041 mg/L tersebut mengalami perubahan pada daun dan batang tanaman. Satu persatu daun Purun Tikus (*E. dulcis*) 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 berturut-turut adalah 0,056 mg/L, 0,065 mg/L, 0,066 mg/L, sedangkan penurunan tertinggi pada konsentrasi 100% yaitu pada hari ke-3 sebesar 0,069 mg/L. Pada hari ke-6, reaktor L1, L2 dan L3 tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) 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 L4 sudah mengalami titik jenuh sehingga tidak terlalu tinggi penurunan kadar Fe pada hari selanjutnya. Meskipun tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) 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).

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 Purun Tikus (*E. dulcis*) yang menjadi kuning kecoklatan diduga tanaman tersebut mengalami toksistas yang diakibatkan oleh aktivitas abiotik dari zat pencemar (Caroline & Moa, 2015).

Volume air yang berada pada reaktor yang berisi masing-masing 20 tanaman pada 5 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 (Anam dkk., 2017).

Pada proses fitoremediasi menunjukkan hasil penurunan pada setiap reaktor. Reaktor yang berisikan tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) mampu menurunkan konsentrasi yang awalnya melebihi baku mutu yakni 4,046 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 Purun Tikus (*E. dulcis*). Pada proses fitoremediasi menggunakan tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) dengan variasi jumlah air lindi dalam menurunkan logam berat Besi (Fe) memberikan hasil penurunan yang berbeda-beda pada setiap reaktornya. Penurunan tersebut membuktikan bahwa tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) merupakan tanaman hiperakumulator yang mampu menyerap logam berat Besi (Fe) dalam air. Tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) menyerap logam berat Besi (Fe) tersebut melalui akar yang langsung bersinggungan dengan media tumbuh yang telah terkontaminasi oleh Fe serta akar tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) memiliki volume perakaran yang banyak, logam Fe pada akar tersebut kemudian didistribusikan ke daun melalui batang.

Akar yang dimiliki oleh tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) 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 Purun Tikus (*E. dulcis*) memiliki kemampuan menstabilkan logam berat Fe pada sistem perakarannya serta akar tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam berat Fe dan mengakumulasikan ke dalam jaringan tubuhnya (Nisma & Budi, 2008).

Tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) mampu menghisap oksigen dan udara melalui daun, batang dan akar tersebut yang kemudian dilepaskan kembali menuju daerah perakaran (*rhizosphere*). Tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) 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 (Sasono, 2013).

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 dkk., 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 (Irawanto dkk., 2015).

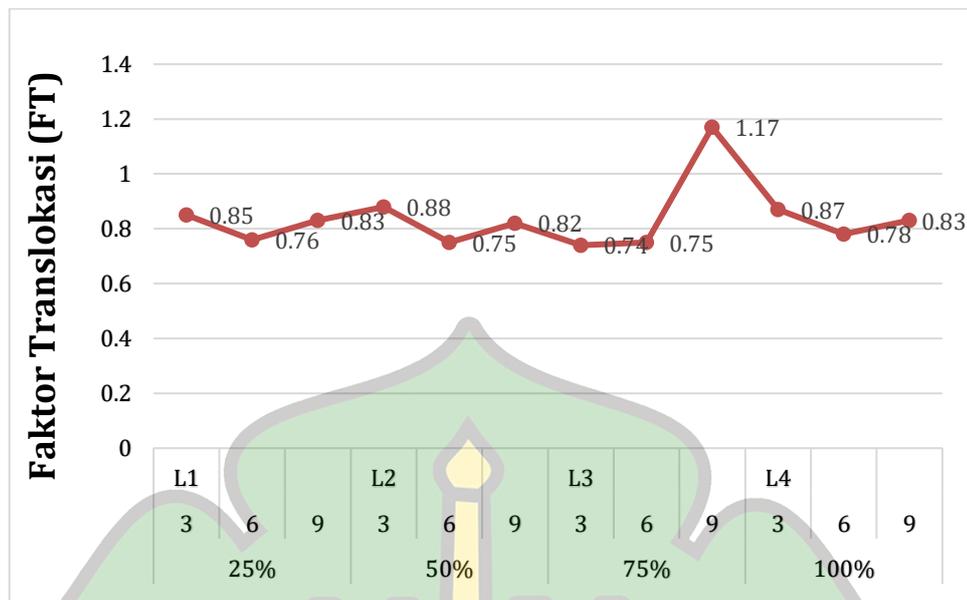
Penyerapan logam berat oleh tanaman dilakukan pertama kali oleh akar kemudian menuju ke batang dan daun. Penyerapan unsur-unsur tersebut dilakukan dengan penyerapan akar melalui membran sel secara osmosis selanjutnya diangkut oleh *xylem* dan *floem* ke bagian tumbuhan lain seperti batang dan daun (Irawanto, 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 dan Subiandono, 2011). Akar disekitar tanaman hiperakumulator mengeluarkan rizosfor atau larutan disekitar akar yang berfungsi untuk membawa logam pada media tanam menuju sel akar yang kemudian di degradasi 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).

#### 4.2.2 Faktor Translokasi (FT)

Nilai FT pada tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) ditunjukkan pada Gambar 4.2 Rasio translokasi Fe dari akar ke daun (FT) pada air lindi tercemar Fe dengan konsentrasi 25%, 50%, 75% dan 100% pada hari ke-3 yaitu L1 sebesar 0,85, L2 sebesar 0,88, L3 sebesar 0,74, L4 sebesar 0,87 dan untuk hari ke-6 translokasi Fe ke daun (FT) L1 sebesar 0,76, L2 sebesar 0,75, L3 sebesar 0,75 dan L4 sebesar 0,78, sedangkan pada hari ke-9 translokasi Fe ke daun (FT) yaitu L1 sebesar 0,83, L2 sebesar 0,82, L3 sebesar 1,17 dan L4 sebesar 0,83. 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 hari nya 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 Heriyanto (2011) akumulasi logam berat semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu yang digunakan dalam proses fitoremediasi oleh tanaman.



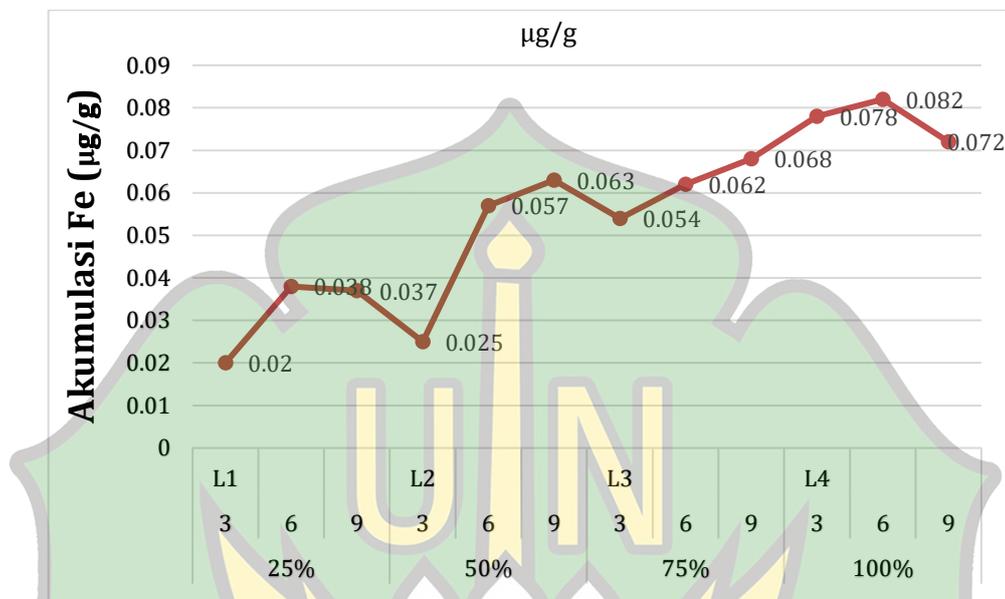
**Gambar 4.2 Grafik Nilai Faktor Translokasi (FT) Pada Tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*)**

#### 4.2.3 Pengaruh Variasi Waktu Kontak Terhadap Kemampuan Tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) Sebagai Tanaman Fitoremediator

Hasil eksperimen menunjukkan pengaruh variasi waktu kontak terhadap kemampuan akar tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) sebagai tanaman fitoremediator dapat dilihat pada Gambar 4.3. Akumulasi logam berat Fe di akar pada tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) pada hari ke-3 akumulasi logam berat Fe pada akar L1 sebesar 0,020  $\mu\text{g/g}$ , L2 sebesar 0,025  $\mu\text{g/g}$ , L3 sebesar 0,054  $\mu\text{g/g}$  dan L4 sebesar 0,078  $\mu\text{g/g}$ . Pada hari ke-6 akumulasi logam berat Fe pada akar L1 sebesar 0,038  $\mu\text{g/g}$ , L2 sebesar 0,057  $\mu\text{g/g}$ , L3 sebesar 0,062  $\mu\text{g/g}$  dan L4 sebesar 0,082  $\mu\text{g/g}$ . Sedangkan untuk hari ke-9 akumulasi logam berat Fe pada akar L1 sebesar 0,037  $\mu\text{g/g}$ , L2 sebesar 0,063  $\mu\text{g/g}$ , L3 sebesar 0,068  $\mu\text{g/g}$ , L4 sebesar 0,072  $\mu\text{g/g}$ .

Besarnya akumulasi logam Fe pada hari ke-3 disebabkan karena pada minggu pertama 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).



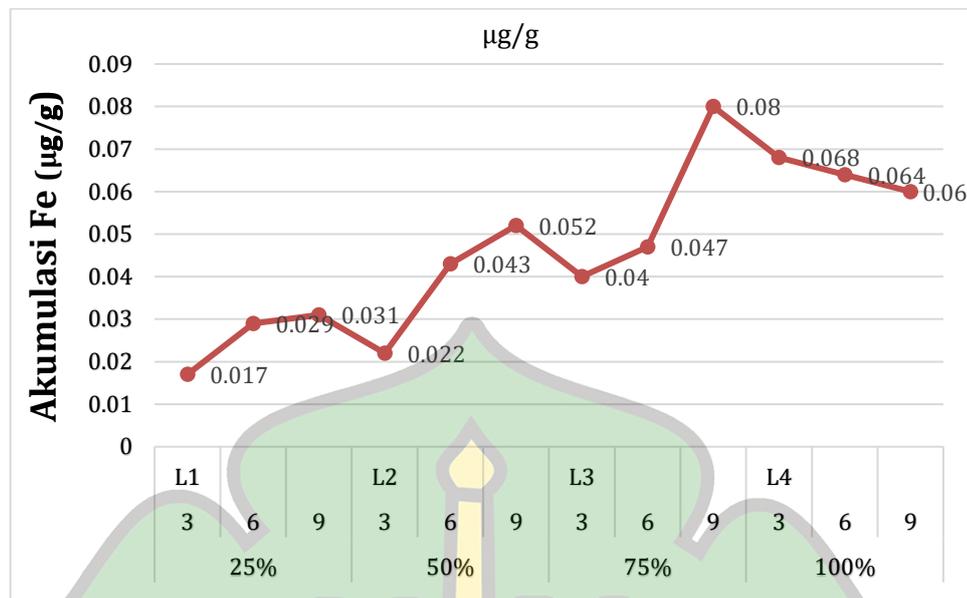
Gambar 4.3 Grafik Kadar Akumulasi Fe Pada Akar Tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*)

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa akumulasi Fe pada daun tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) berturut-turut meningkat seiring dengan lamanya waktu yang digunakan pada proses fitoremediasi untuk menyerap logam berat Fe dalam air lindi selama 9 hari. Akumulasi Fe pada daun berturut-turut meningkat dari hari ke-3 hingga pada hari ke-9 yaitu L1 sebesar 0,017 µg/g, L2 sebesar 0,022 µg/g, L3 sebesar 0,040 µg/g dan L4 sebesar 0,068 µg/g, akumulasi pada daun hari ke-6 L1 sebesar 0,029 µg/g, L2 sebesar 0,043 µg/g, L3 sebesar 0,047 µg/g, L4 sebesar 0,064 µg/g, dan akumulasi pada daun hari ke-9 L1 sebesar 0,031 µg/g, L2 sebesar 0,052 µg/g, L3 sebesar 0,080 µg/g dan L4 sebesar 0,060 µg/g.

Meningkatnya 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 besar. Selain itu meningkatnya penyerapan logam Fe pada daun juga disebabkan oleh kemampuan logam berat Fe sebagai jenis logam yang mampu menguap ke

atmosfer, kemudian polutan Fe dari dalam tanah yang diserap oleh tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) ditransformasikan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer dan kemudian diserap oleh daun, proses ini disebut fitovolatilisasi (Heriyanto, 2011).

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 (Heriyanto, 2011).



Gambar 4.4 Grafik Kadar Akumulasi Fe Pada Daun Tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*)

Akumulasi Besi (Fe) pada akar tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) 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 Kartikasari (2002), 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 kebasahan 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 4.3 dibawah ini:

**Tabel 4.5** 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 L0, reaktor L1, reaktor L2, reaktor L3 dan reaktor L4. Pada reaktor 1 atau reaktor kontrol rata-rata nilai pH yaitu 7,27 pada reaktor 2 dengan variasi jumlah 20 tanaman yaitu 7,12 pada reaktor 3 dengan variasi jumlah 20 tanaman yaitu 7,03, sedangkan pada reaktor 4 rata-rata nilai pH yaitu 7,12 dan reaktor 5 nilai rata-rata pH 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 jaringan tumbuhan akan semakin meningkat kemampuan 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 simpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan efektivitas fitoremediasi menggunakan tanaman Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*) penurunan logam berat Besi (Fe) penurunan kadar Fe dengan konsentrasi 25% pada hari ke-3 sebesar 99,18%, penurunan pada hari ke-6 yaitu 99,13% dan penurunan pada hari ke-9 sebesar 98,61%. Kemudian hasil penurunan logam berat Besi (Fe) persentasi 50% air lindi untuk hari ke-3 terjadi penurunan sebesar 98,71%, hari ke-6 terjadi penurunan sebesar 98,83% dan pada hari ke-9 terjadi penurunan sebesar 98,39%. Sementara itu, tingkat penurunan logam berat Besi (Fe) persentasi 75% air lindi untuk hari ke-3 yaitu 98,34%, penurunan hari ke-6 sebesar 98,61% dan untuk hari ke-9 terjadi penurunan sebesar 98,36%. Hasil penurunan logam berat Besi (Fe) persentasi 100% air lindi pada hari ke-3 terjadi penurunan sebesar 98,29%, hari ke-6 terjadi penurunan sebesar 98,73% dan pada hari ke-9 terjadi penurunan sebesar 98,54%.
2. Waktu kontak optimum dalam fitoremediasi air lindi yang mengandung logam berat Besi (Fe) dengan konsentrasi 25% air lindi pada hari ke-3, sedangkan konsentrasi 50% air lindi terdapat pada hari ke-6, konsentrasi 75% air lindi pada hari ke-6 dan 100% air lindi dengan menggunakan tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) yaitu pada hari ke-6.

#### **5.2 Saran**

Saran dalam penelitian ini adalah:

1. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan analisis pada bagian batang.
2. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengamatan dengan menggunakan air limbah yang lain.
3. Perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis daya serap tanaman Purun Tikus (*E. dulcis*) dengan tujuan untuk penurunan kadar parameter lainnya BOD, COD dan parameter lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agusetyadevy., Zakariah J., Agustina, L. 2016. *Dasar Nutrisi Tanaman*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Anam Kasim, Marsum Zikri, Putranto R, 2017. Fitoremediasi Logam Cu dan Zn dengan Tanaman Enceng Gondok. *Jurnal LOGIKA* Vol 2, No 2 Juli 2005. Hal 57 – 67. ISSN: 1410–2315 Vol 2. Fakultas MIPA Jurusan Kimia. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Andrian Palapa. 2018. Bioremediasi Merkuri (Hg) Dengan Tumbuhan Air Sebagai Salah Satu Alternatif Penanggulangan Limbah Tambang Emas Rakyat. *Agritek*, Vol. 17, No.5.
- Asikin, Thamrin,. 2017. Teknologi Menyulap Lahan Purun tikus Menjadi Lahan Pertanian. *Tabloid Sinar Tani*, Yogyakarta.
- Astuti Istikowati, T., 2017. Analisis Kandungan Kimia Dan Sifat Serat Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) Asal Kalimantan Selatan. *Bioscientiae*. Vol-9, No-2, Hal 15-25.
- Budhi, P., dan Joko, P. 2018. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat. *TRIPOD, IPAL Biotech, Ipal Biofilter, Wwtp Ipal Rs, Ipal Industri*.
- Caroline. Moa Syarief, S. 2015. *Ilmu Tanah Pertanian*. Pustaka Buana, Bandung.
- Chan, Chao UH dan Park, JH. 2017. Mercury-induced oxidative stress in Tomato Seedlings. *Plant Science* 156(1), 1-9. Darmono, 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta. halaman 15-135.
- Damhuri, S. 2019. Kerusakan Lingkungan Akibat Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI).
- Diana Yakub. 2019. *Teknologi Pengolahan Limbah, Bahan Beracun Berbahaya (B3)*, Perpustakaan Nasional, Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Effendi. 2017. *Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Sangon, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta*. Kolokium Hasil Lapangan – DIM, Hal. 61 (1-17).
- Ernawan Wijaya dan Mahmud Sukri. 2018. *Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air*. Bogor.

- Gothberg A., Greger M., Holm K. dan Bergtsson BE. 2004. Influence of Nutrient Levels on Uptake and Effect of Mercury, Cadmium, and Lead in Water Spinach. *Journal of Environmental Quality* 33(4), 1247-1255.
- Haryati S., Setyorini A., Krisdianto, dan Asikin S., 2012. Biomassa Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) pada Tiga Titik Sampling di Desa Puntik Kecamatan Alalak Kabupaten Barito Kuala. Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan. *Bioscientiae*. Volume 6, Nomor 1, 1-10.
- Haryati. Azad, N.H. dan Kafilzadeh, F. 2018. Physiological Responses to Mercury Stress in the Hydroponic Cultures of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Plants. *Journal Of Biodiversity and Environment Sciences (JBES)*. Vol. 2, No. 9, p. 12-20.
- Heriyanto Arisandi, P. 2011. *Mangrove Jenis Apiapi (Avicennia marina) Alternatif Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pesisir, Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah*. Makalah. [http://tech.group.yahoo.com/burung\\_pemangsa\\_Indonesia](http://tech.group.yahoo.com/burung_pemangsa_Indonesia). [diakses 18 Maret 2014].
- Indrayati, H., 2019. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Irhamni. 2009. Thesis, *Aplikasi Phytoremediasi dalam Penyisihan Ion Logam Kromium (Cr) Dengan Menggunakan Tumbuhan Air (Typha Latifolia)*, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Juhaiti, Z., Permatasari, A., Marzuki A., 2017. Fitoremediasi Logam Berat Cd Menggunakan Ki Ambang (*Salvinia Molesta*) Pada Media Modifikasi Air Lumpur Sidoarjo. *Skripsi*. Biologi FMIPA – ITS.
- Kosegeran, G., Reichman SM. 2018. *The Responses of Plants to Metal Toxicity: A Review Focusing on Copper, Manganese and Zinc*. The Australian Minerals Energy Environment Foundation Published as Orcasional Paper No.14. halaman 16-32.
- Mardekawati L., Burharudin, dan Dewantara I., 2017. Kemampuan Empat Jenis Tanaman dalam Menyerap Cemar Merkuri di Media Tailing. *Jurnal Litbang Pertanian*, 32(1).
- Mardiah, K., Riandi Syakib. 2019. Kandungan Merkuri Pada Air Dan Paku Sayur (*Diplazium esculentum* Swartz) Di Sungai Sepauk, Kalimantan Barat. *Skripsi*.

- Mubin, Mohamed, K., Darus, F. M., & Othman, Z. (2017). The used of Aquatic wetland plant *Phylidrum lanuginosum* to remove lead from aqueous solution
- Nisma, D dan Budi, B 2008. Efektivitas Adsorpsi Logam Berat Pada Air Lindi Menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit dan Silika Gel TPA Tlekung Batu. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. volume 3 (2).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 tahun 2001. Tentang Pengendalian Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Perairan.
- Putra, L. 2019. *Purun tikus berpotensi perbaiki kualitas air di rawa pasang surut. Dalam: Inovasi Sumber Daya Lahan Dukung Swasembada Pangan*. Sinar Tani No. 3400, Tahun XLI, Edisi 6–12 April 2011.
- Rabie, H.G. 2005 .Contribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungus to Red Kidney and Wheat Plants. Tolerance Grow in Heavy Metal Polluted Soil, *Africah Journal Biotechnology vol.4(4)*.
- Saleh & Purnomo. 2018. Manfaat Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) Pada Ekosistem Sawah Rawa. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(1).
- Sari, Arisusanti J.R. dan Purwani I.K., 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) 2337-3520*.
- Sasono Soepardi, G. 2013. Sifat dan Ciri-Ciri Tanah. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Schussle Swingle & Longstreth, H.S. 2002. Standardization of Chemical Analysis for Water and Pond Muds. F.A.O. Fish, Rep . 44(4)379 – 406.
- SNI 06-6989.11-2004 Teknik Pengujian Parameter pH
- SNI 6989.59:2008 Teknik Pengambilan Sampel
- Sulinda Widhiyatna, 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 HgCL<sub>2</sub> in Intact Wheat Root Cells. *Plant Physiology* 120(3), 849-857.
- Sunardi dan Istikowati. T., 2019. Nutrisi dan Energi Tumbuhan. Universitas Pendidikan Indonesia.

Susilowarno, 2017. *Pertambangan Tanpa Izin (PETI)*. Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat.

Vidovati CL, Bizily SP, Meagher. 2018. Phytoreduction of Enviromental Merkuri Pollution, (di dalam) Raski, I., dan Ensley, B. D (penyunting), Phytoreduction of Toxic Metal Using Plants to Clean Up The Enviroment. New York: Wiley Interscience Publication.

Yatim, E., M., & Mukhlis. (2013) *Pengaruh Lindi (Leachate) Sampah Terhadap Air Sumur Penduduk Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Air Dingin. Jurnal Kesehatan Masyarakat. 7(2).*

Zamhar Nasution. 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 Purun  
Tikus (*Eleocharis dulcis*)



Air Lindi



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



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

**Gambar**

**Keterangan**



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



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



Pengujian pH Air Lindi Pada  
Masing-Masing Reaktor Hari ke-9

## LAMPIRAN II

### 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: [ltpl@che.unsyiah.ac.id](mailto:ltpl@che.unsyiah.ac.id)

#### LEMBAR HASIL UJI

NOMOR : 127/JTK-USK/LTPKL/2022

Nama Pelanggan : Syamsu Wati  
Alamat Pelanggan : Rukoh-Banda Aceh  
Tanggal Diterima : 22 Januari 2022  
Jenis Contoh Uji : Tanaman Hari Ke-3  
Tanggal di Analisa : 25 Januari 2022  
Untuk Keperluan : Penelitian

No	Kode Sampel	Hasil Pengukuran Fe (Conc) by AAS
1.	Sampel 1 Daun	0,017
2.	Sampel 1 Daun	0,022
3.	Sampel 1 Daun	0,040
4.	Sampel 1 Daun	0,068
5.	Sampel 1 Akar	0,020
6.	Sampel 1 Akar	0,025
7.	Sampel 1 Akar	0,054
8.	Sampel 1 Akar	0,078

Darussalam, 25 Januari 2022  
Ketua

Dr. Edi Muhsyar, S.T., M.Eng.  
21011998021001



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: [ltpk1@che.unsyiah.ac.id](mailto:ltpk1@che.unsyiah.ac.id)

**LEMBAR HASIL UJI**

NOMOR : 128/JTK-USK/LTPKL/2022

Nama Pelanggan : Syamsu Wati  
Alamat Pelanggan : Rukoh-Banda Aceh  
Tanggal Diterima : 25 Januari 2022  
Jenis Contoh Uji : Tanaman Hari Ke-6  
Tanggal di Analisa : 27 Januari 2022  
Untuk Keperluan : Penelitian

No	Kode Sampel	Hasil Pengukuran Fe (Conc) by AAS
1.	Sampel 1 Daun	0,029
2.	Sampel 1 Daun	0,043
3.	Sampel 1 Daun	0,047
4.	Sampel 1 Daun	0,064
5.	Sampel 1 Akar	0,038
6.	Sampel 1 Akar	0,057
7.	Sampel 1 Akar	0,062
8.	Sampel 1 Akar	0,082



AR - RANIRY



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: ltpkl@che.unsyiah.ac.id

**LEMBAR HASIL UJI**

NOMOR : 129/JTK-USK/LTPKL/2022

Nama Pelanggan : Syamsu Wati  
Alamat Pelanggan : Rukoh-Banda Aceh  
Tanggal Diterima : 28 Januari 2022  
Jenis Contoh Uji : Tanaman Hari Ke-9  
Tanggal di Analisa : 31 Januari 2022  
Untuk Keperluan : Penelitian

No	Kode Sampel	Hasil Pengukuran Fe (Conc) by AAS
1.	Sampel 1 Daun	0,031
2.	Sampel 1 Daun	0,052
3.	Sampel 1 Daun	0,080
4.	Sampel 1 Daun	0,060
5.	Sampel 1 Akar	0,037
6.	Sampel 1 Akar	0,063
7.	Sampel 1 Akar	0,068
8.	Sampel 1 Akar	0,072

Darussalam, 31 Januari 2022  
Ketua  
Dr. Edi Mulyawar, S.T., M.Eng.  
LAB. TEKNIK LINGKUNGAN  
2101998021001

AR - RANIRY



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SYIAH KUALA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK 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: [ltpk1@che.unsyiah.ac.id](mailto:ltpk1@che.unsyiah.ac.id)

**LEMBAR HASIL UJI**

Nomor: 310/JTK-USK-LTPKL/2021

Nama Pelanggan : Syamsu Wati  
Alamat Pelanggan : Lambaro Cafe  
Tanggal di Terima : 13 Desember 2021  
Jenis Contoh Uji : Limbah Lindi  
Tanggal di Analisa : 14 Desember 2021  
Parameter Uji : Besi (Fe)  
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa  
Baku Mutu : PermenLH Nomor P.29/Menlh/Setjen/Kum.1/1/2016 tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

No.	Parameter Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Air Lindi 0%	mg/l	-	0,011	
2.	Air Lindi 25%	mg/l	-	0,039	
3.	Air Lindi 50%	mg/l	-	0,057	
4.	Air Lindi 75%	mg/l	-	0,065	

Ditrusahkan, 14 Desember 2021

Ket.   
Dr. Edi Manawati, S.T., M.Eng.  
NIP. 196912101998021001

جامعة الرانيري

AR - RANIRY



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
 UNIVERSITAS SYIAH KUALA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 JURUSAN TEKNIK 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: [itpkl@che.unsyiah.ac.id](mailto:itpkl@che.unsyiah.ac.id)

### LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 308/JTK-USK/LTPKL/2021

Nama Pelanggan : Syamsu Wati  
 Alamat Pelanggan : Lambaro Cafe  
 Tanggal di Terima : 8 Desember 2021  
 Jenis Contoh Uji : Limbah Lindi  
 Tanggal di Analisa : 9 Desember 2021  
 Kode Contoh Uji : Hari ke-0  
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa  
 Baku Mutu : PermenLH Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

No.	Parameter Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Besi (Fe)	mg/l	-	4,046	
2.	Timbal (Pb)	mg/l	-	0,010	

Darussalam, 9 Desember 2021

Ketua

Dr. Edi Muhawar, S.T., M.Eng.  
 NIP.19691210 199802 1001

جامعة الرانيري

AR - RANIRY



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: [ltpk1@che.unsyiah.ac.id](mailto:ltpk1@che.unsyiah.ac.id)

**LEMBAR HASIL UJI**  
NOMOR : 321/JTK-USK/LTPKL/2021

Nama Pelanggan : Syamsu Wati  
Alamat Pelanggan : Rukoh-Banda Aceh  
Tanggal Diterima : 16 Desember 2021  
Jenis Contoh Uji : Limbah Lindi Hari ke-3  
Tanggal di Analisa : 23 Desember 2021  
Parameter Uji : Besi (Fe)  
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa  
Baku Mutu : PermenLH P. 59/Menlhk/Sekjen/Kum.1/7/2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

No	Parameter Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Air Lindi 0%	mg/l	-	0,008	
2.	Air Lindi 25%	mg/l	-	0,033	
3.	Air Lindi 50%	mg/l	-	0,052	
4.	Air Lindi 75%	mg/l	-	0,060	
5.	Air Lindi 100%	mg/l	-	0,069	

Darussalam, 23 Desember 2021  
Ketua  
Dr. Edi Mulyawar, S.T., M.Eng.  
LAB. TEKNIK LINGKUNGAN 21199802 1001

جامعة الرانيري

AR - RANIRY



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: [ltpk1@che.unsyiah.ac.id](mailto:ltpk1@che.unsyiah.ac.id)

**LEMBAR HASIL UJI**

NOMOR : 322/JTK-USK/LTPKL/2021

Nama Pelanggan : Syamsu Wati  
Alamat Pelanggan : Rukoh-Banda Aceh  
Tanggal Diterima : 20 Desember 2021  
Jenis Contoh Uji : Limbah Lindi Hari ke-6  
Tanggal di Analisa : 23 Desember 2021  
Parameter Uji : Besi (Fe)  
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa  
Baku Mutu : PermenLH P. 59/Menlhk/Sekjen/Kum.1/7/2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

No	Parameter Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Air Lindi 0%	mg/l	-	0,006	
2.	Air Lindi 25%	mg/l	-	0,035	
3.	Air Lindi 50%	mg/l	-	0,047	
4.	Air Lindi 75%	mg/l	-	0,056	
5.	Air Lindi 100%	mg/l	-	0,051	

Darussalam, 23 Desember 2021

Ketua,

Dr. Edi Murawar, S.T., M.Eng.  
LAB. TEKNIK LINGKUNGAN 21199802 1001

جامعة الرانيري

AR - RANIRY



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: [ltpk1@che.unsyiah.ac.id](mailto:ltpk1@che.unsyiah.ac.id)

**LEMBAR HASIL UJI**

NOMOR : 323/JTK-USK/LTPKL/2021

Nama Pelanggan : Syamsu Wati  
Alamat Pelanggan : Rukoh-Banda Aceh  
Tanggal Diterima : 23 Desember 2021  
Jenis Contoh Uji : Limbah Lindi Hari ke-9  
Tanggal di Analisa : 23 Desember 2021  
Parameter Uji : Besi (Fe)  
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa  
Baku Mutu : PermenLH P. 59/Menlhk/Sekjen/Kum.1/7/2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

No	Parameter Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Air Lindi 0%	mg/l	-	0,003	
2.	Air Lindi 25%	mg/l	-	0,028	
3.	Air Lindi 50%	mg/l	-	0,043	
4.	Air Lindi 75%	mg/l	-	0,050	
5.	Air Lindi 100%	mg/l	-	0,041	

Darussalam, 23 Desember 2021

Ketua,

Dr. Edi Murawar, S.T., M.Eng.  
LAB. TEKNIK LINGKUNGAN 21199802 1001

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

## LAMPIRAN III

### PERHITUNGAN FAKTOR TRANSLOKASI

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

$$TF = \frac{0.017}{0.020}$$

$$TF = 0,85$$

$$TF = \frac{0.022}{0.025}$$

$$TF = 0,88$$

$$TF = \frac{0.040}{0.054}$$

$$TF = 0,74$$

$$TF = \frac{0.068}{0.078}$$

$$TF = 0,87$$

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

$$TF = \frac{0.029}{0.038}$$

$$TF = 0,76$$

$$TF = \frac{0.043}{0.057}$$

$$TF = 0,75$$

$$TF = \frac{0.047}{0.062}$$

$$TF = 0,75$$

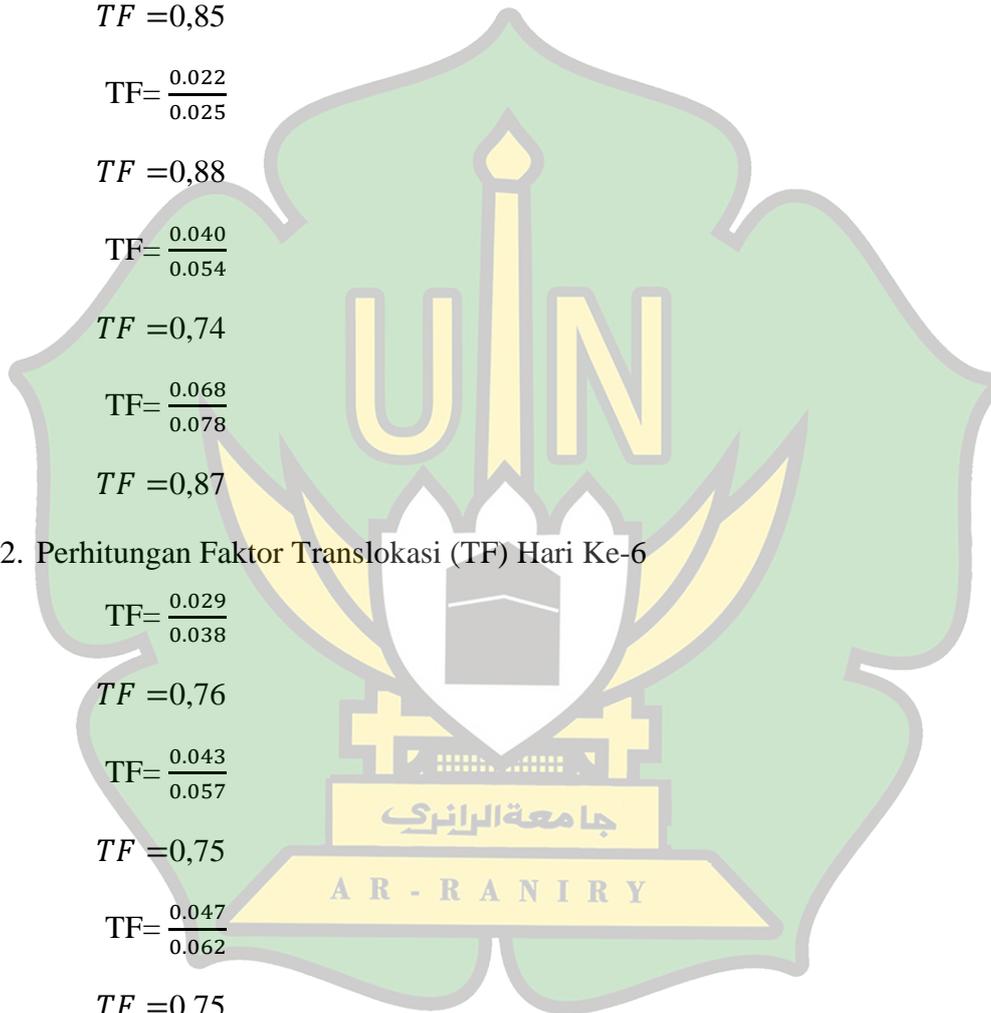
$$TF = \frac{0.064}{0.082}$$

$$TF = 0,78$$

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

$$TF = \frac{0.031}{0.037}$$

$$TF = 0,83$$



$$TF = \frac{0.052}{0.063}$$

$$TF = 0,82$$

$$TF = \frac{0.080}{0.068}$$

$$TF = 1,17$$

$$TF = \frac{0.060}{0.072}$$

$$TF = 0,83$$



## LAMPIRAN IV

### PERHITUNGAN EFISIENSI PENURUNAN KADAR Fe

1. Perhitungan Penurunan Kadar Fe Pada Konsentrasi 25%

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(0.039 - 0.033) \times 100\%}{0.039}$$

$$= 15,38\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(0.039 - 0.035) \times 100\%}{0.039}$$

$$= 10,25\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(0.039 - 0.056) \times 100\%}{0.039}$$

$$= \%$$

2. Perhitungan Penurunan Kadar Fe Pada Konsentrasi 50%

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(0.057 - 0.052) \times 100\%}{0.057}$$

$$= 8,77\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(0.057 - 0.047) \times 100\%}{0.057}$$

$$= 17,54\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(0.057 - 0.065) \times 100\%}{0.057}$$

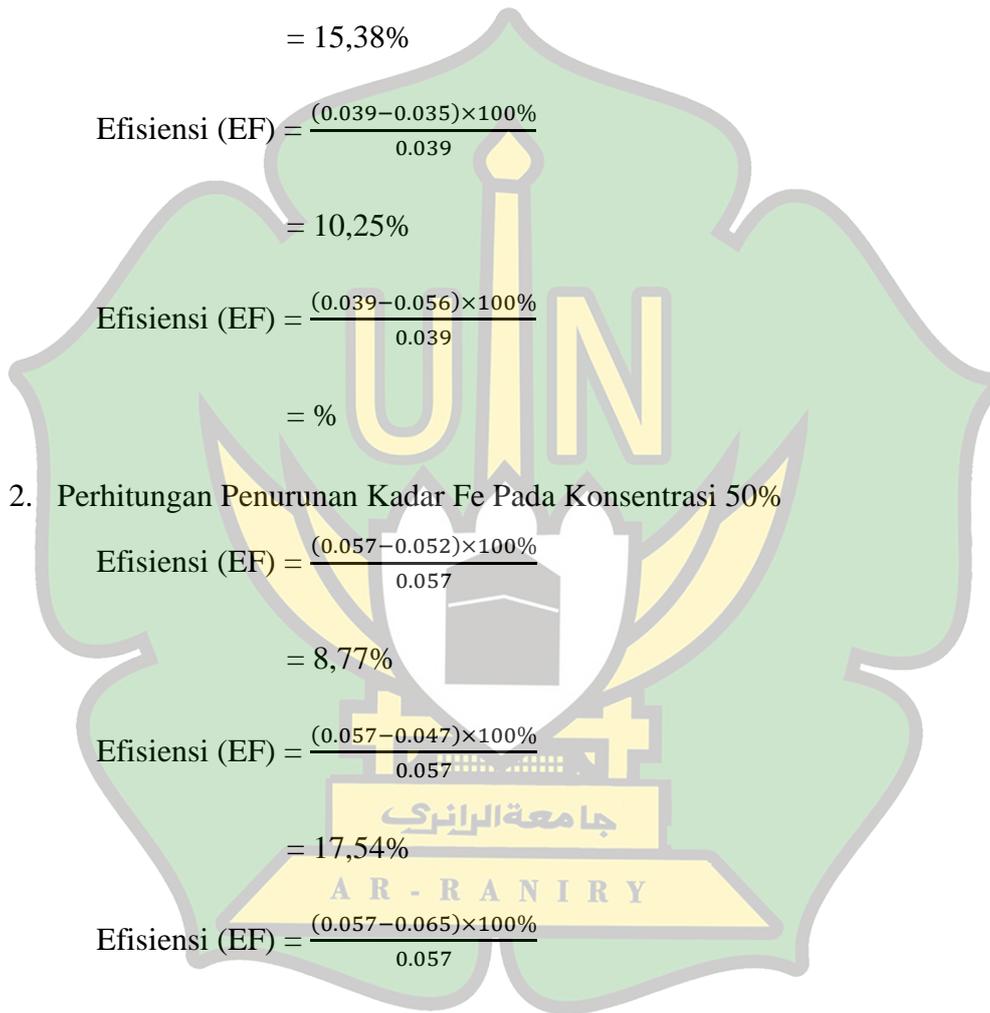
$$= \%$$

3. Perhitungan Penurunan Kadar Fe Pada Konsentrasi 75%

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(0.065 - 0.067) \times 100\%}{0.065}$$

$$= \%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(0.065 - 0.056) \times 100\%}{0.065}$$



$$= 13,84\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(0.065-0.066) \times 100\%}{0.065}$$

$$= \%$$

#### 4. Perhitungan Penurunan Kadar Fe Pada Konsentrasi 100%

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(4.046-0.069) \times 100\%}{4.046}$$

$$= 98,29\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(4.046-0.051) \times 100\%}{4.046}$$

$$= 98,73\%$$

$$\text{Efisiensi (EF)} = \frac{(4.046-0.059) \times 100\%}{4.046}$$

$$= 98,54\%$$

