

**PENGOLAHAN LINDI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT  
DENGAN METODE *WETLAND* PADA  
PT. KHARISMA ISKANDAR MUDA  
(PT.KIM) NAGAN RAYA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Oleh:**

**DINA FADILLA SARI  
NIM. 170702105  
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2023 M/1444 H**

**LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**

**PENGOLAHAN LINDI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN  
METODE *CONSTRUCTED WETLAND* PADA  
PT. KHARISMA ISKANDAR MUDA  
(PT.KIM) NAGAN RAYA**

**TUGAS AKHIR**

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

Diajukan oleh:

**DINA FADILLA SARI**

**NIM. 170702105**

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

Banda Aceh, 19 Juni 2023

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Dr. Ir. Hj. Irhamni, S.T., M.T.IPM.

**NIDN. 0102107101**

Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.

**NIDN. 2002028301**

Mengetahui,

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



Husnawati Yahya, M.Sc.

**NIDN. 2009118301**

**PEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR  
PENGOLAHAN LINDI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN  
METODE *CONSTRUCTED WETLAND* PADA  
PT. KHARISMA ISKANDAR MUDA  
(PT.KIM) NAGAN RAYA**

**TUGAS AKHIR**

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)  
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: 13 Desember 2023  
29 Jumadil Awal 1445

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Ir. Hj. Irhamni, S.T., M.T.IPM. Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
NIDN. 0102107101 NIDN. 2002028301

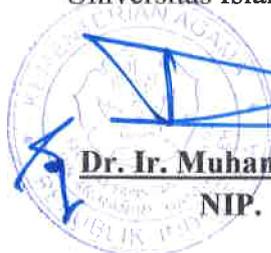
Penguji I,

Penguji II,

Arief Rahman, M.T.  
NIDN. 2010038901

Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc.  
NIDN. 2031078204

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



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU  
NIP. 196210021988111001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : DINA FADILLA SARI

NIM : 170702105

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Pengolahan lindi tanda kosong kelapa sawit dengan metode *Wetland* pada PT. Kharisma Iskandar Muda Nagan Raya

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan;
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 bertanggungjawab atas karya ini;

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang 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 ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 13 Desember 2023

Yang menyatakan



DINA FADILLA SARI

## ABSTRAK

Nama : DINA FADILLA SARI  
Nim : 170702105  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Pengolahan lindi tanda kosong kelapa sawit dengan metode *Wetland* pada PT. Kharisma Iskandar Muda Nagan Raya  
Tanggal Sidang : 13 Desember 2023  
Pembimbing 1 : Dr. Ir. Hj. Irhamni, S.T., M.T. IPM.  
Pembimbing 2 : Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
Kata Kunci : Lindi, fitoremediasi, *Wetland*, Kangkung Air

Pengolahan lindi merupakan metode alternatif untuk mencapai pengelolaan sampah yang komprehensif dan ramah lingkungan. Lindi diperoleh dari air luar yang masuk ke dalam tumpukan tandan kosong kelapa sawit, kemudian melarutkan bahan-bahan yang ada di tumpukan tandan kosong kelapa sawit, sehingga kandungan organik dan anorganiknya akan berubah. Salah satu metode yang dilakukan untuk mengurangi polutan pada lindi adalah dengan menggunakan metode *Wetland*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah batang kangkung dalam pengujian lindi kelapa sawit dan efektivitas sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan dengan metode *Wetland* dalam menurunkan kadar COD, BOD, TSS dan pH. Pengolahan lindi menggunakan lima batang kangkung terjadi kenaikan pada parameter pH sebesar 3% dan parameter BOD sebesar 0,56%. Pada parameter COD mengalami penurunan sebesar 0,10% dan parameter TSS mengalami penurunan sebesar 4,20%. Menggunakan tujuh batang kangkung kenaikan pada parameter pH sebesar 5%, parameter BOD sebesar 9,9% Pada parameter COD menurun sebesar 1,90% dan parameter TSS menurun sebesar 17,02%. Penelitian lanjutan dengan menambah jumlah tanaman kangkung sehingga dapat menjadi salah satu Solusi dalam pengolahan lindi tandan kosong kelapa sawit.

## ABSTRACT

*Name* : DINA FADILLA SARI  
*Student ID* : 170702105  
*Major* : Teknik Lingkungan  
*Tittle* : Processing of Empty Palm Oil Leachate Using the  
Wetland method at PT. Kharisma Iskandar  
Muda Nagan Raya  
*Date of Session* : 13 December 2023  
*Advisor 1* : Dr. Ir. Hj. Irhamni, S.T., M.T. IPM.  
*Advisor 2* : Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
*keywords* : Leachate, Phytoremediasi, Wetland,  
water spinach

*Lindi processing is an alternative method to achieve comprehensive and environmentally friendly waste management. Lindi is obtained from outside water that enters the pile of empty bunches of palm oil, then dissolves the ingredients present in the pile of empty bunches of palm oil, so that the organic and inorganic content will change. One method that is done to reduce pollutants in linders is by using the Wetland method. The aim of this study was to determine the influence of the number of kale stalks in palm oil field testing and the effectiveness before and after treatment with Wetland method in lowering COD, BOD, TSS and pH levels. Processing of linden using five stalks of kale resulted in an increase in pH parameters by 3% and BOD parameters by 0.56%. In COD parameters decreased by 0.10% and TSS parameters decreased by 4.20%. Using seven stalks of kale increase in pH parameters by 5%, BOD parameters by 9.9% In COD parameters decrease by 1.90% and TSS parameters decrease by 17.02%. Continued research by increasing the number of kale plants so that it can be one of the solutions in the processing of empty bunches of palm oil.*

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah*, Puji syukur kepada Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat, Hidayah, nikmat dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir, serta dapat menyelesaikan tanpa ada halangan yang berarti. Dengan pertolongan dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "**Pengolahan Lindi Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Metode Wetland Pada PT. Kharisma Iskandar Muda (PT. KIM) Nagan Raya**". Shalawat dan salam selalu tercurhkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad saw. Yang merupakan suru tauladann bagi seluruh umat sepanjang masa. Terma kasih penulis ucapkan kepada Ayah, mami dan seluruh anggota keluarga yang selalu mendukung penuh dan mengapresiasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini disusun untuk memperoleh gelar Sarjana di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Penulis menyadari bahwa selama berlangsungnya penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu beriringan do'a dan ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Bapak Aulia Rohendi S.T., M.Sc. selaku Ketua Koordinator Sidang Tugas Akhir.
3. Ibu Dr. Irhamni, S.T., M.T. selaku Dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam proses penyusunan Tugas Akhir dari awal sampai dengan selesai.
4. Bapak Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam proses penyusunan Tugas Akhir dari awal sampai dengan selesai.
5. Seluruh Dosen dan Staft Program Studi Teknik Lingkungan.
6. Teman dan sahabat yang senantiasa mendukung penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Banda Aceh, 13 Desember 2023

Penulis

**DINA FADILLA SARI**

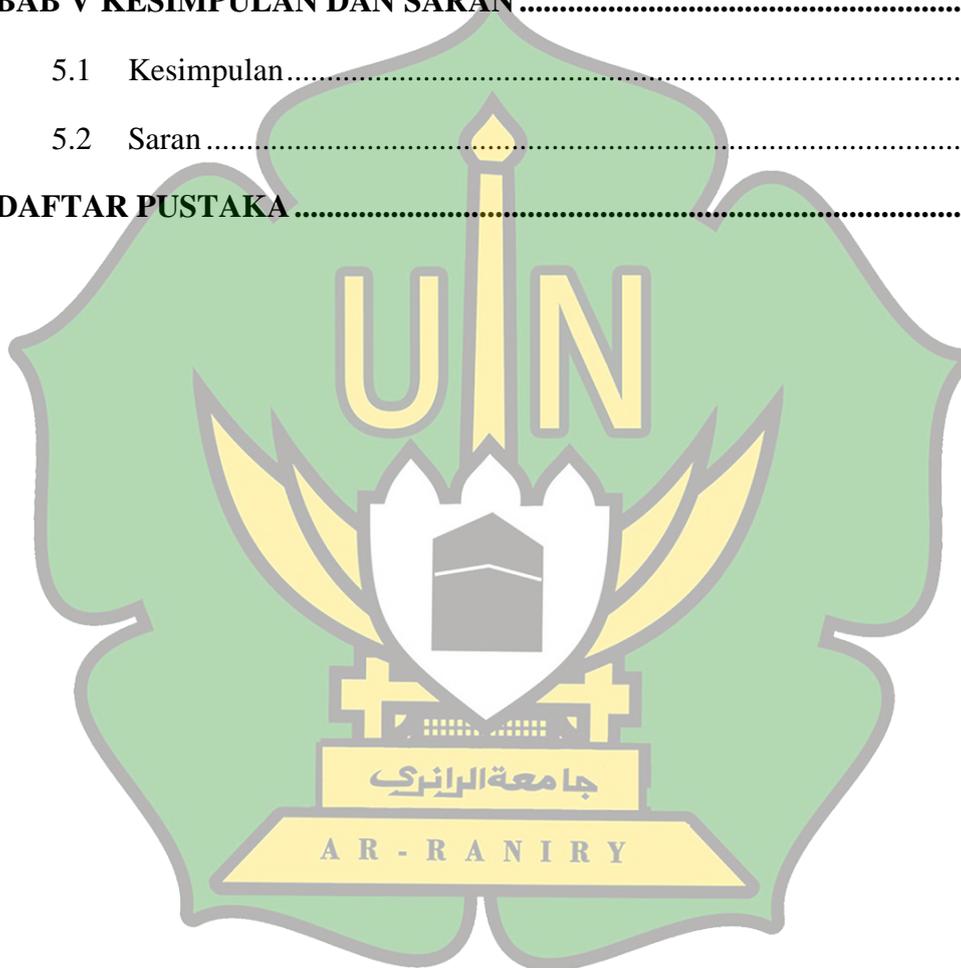


## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Pengertian Lindi .....	5
2.2 Komposisi Lindi .....	7
2.3 Parameter.....	8
2.3.1 BOD ( <i>Biochemical Oxygen Demand</i> ) .....	8
2.3.2 COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ).....	9
2.3.3 TSS ( <i>Total Suspended Solid</i> ).....	9
2.3.4 pH .....	10
2.4 Tandan Kelapa Sawit.....	10

2.5	Metode <i>Wetland</i> .....	11
2.6	Tanaman Kangkung.....	12
2.7	Pemanfaatan Tanaman Kangkung Air ( <i>Ipomoea Aquatica</i> ) dalam metode <i>Wetland</i> .....	14
2.8	Phytoremediasi .....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>18</b>
3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	18
3.2	Teknik Pengambilan Sampel.....	19
3.3	Prosedur Penelitian.....	19
3.3.1	Alat .....	19
3.3.2	Cara Kerja.....	20
3.4	Analisa Laboratorium.....	20
3.4.1	Pengukuran Parameter Lindi.....	20
3.4.2	Pengujian COD .....	20
3.4.3	Pengujian BOD .....	21
3.4.4	Pengujian TSS.....	23
3.4.5	Pengujian pH.....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>25</b>
4.1	Hasil Eksperimen.....	25
4.1.1	Karakteristik Lindi PT. Kharisma Iskandar Muda.....	25
4.1.2	Kemampuan Tanaman Kangkung Pada Pengolahan Lindi....	25
4.2	Hasil dan Pembahasan .....	27
4.2.1	Pengolahan Lindi dengan Metode <i>Wetland</i> Menggunakan Lima Batang Kangkung.....	27
4.2.2	Pengolahan Lindi dengan Metode <i>Wetland</i> Menggunakan Tujuh Batang Kangkung.....	28
4.2.3	Parameter pH.....	28

4.2.4 Parameter BOD .....	29
4.2.5 Parameter COD .....	31
4.2.6 Parameter TSS.....	33
4.3 Pengolahan Lindi Menggunakan Lima Batang danTujuh Batang Kangkung.....	35
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>36</b>
5.1 Kesimpulan.....	36
5.2 Saran .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>37</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kolam Lindi .....	3
Gambar 2.2 Timbunan Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	9
Gambar 2.3 Akar Kangkung Air.....	11
Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian .....	15
Gambar 4.1 Perubahan Nilai pH Pada Pengolahan Lindi .....	27
Gambar 4.2 Penurunan Nilai BOD Pada Pengolahan Lindi .....	28
Gambar 4.3 Efektivitas Perubahan Nilai BOD Pada Pengolahan Lindi ..	28
Gambar 4.4 Penurunan Nilai COD Pada Pengolahan Lindi .....	29
Gambar 4.5 Efektivitas Perubahan Nilai COD Pada Pengolahan Lindi ..	30
Gambar 4.6 Penurunan Nilai TSS Pada Pengolahan Lindi .....	31
Gambar 4.7 Efektivitas Perubahan Nilai TSS Pada Pengolahan Lindi ....	32



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Lindi.....	5
Tabel 3.1 Tahapan perencanaan penyelesaian Penelitian Tugas Akhir .....	17
Tabel 3.2 Pengukuran Parameter Lindi.....	18
Tabel 4.1 Hasil Analisis Laboratorium Lindi PT. Kharisma Iskandar Muda..	22
Tabel 4.2 Hasil Pengolahan Lindi dengan Lima Batang Kangkung.....	24
Tabel 4.3 Hasil Pengolahan Lindi dengan Tujuh Batang Kangkung.....	25



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan tumbuhan monokotil yang tidak memiliki akar tunggang. Kelapa sawit juga tergolong tanaman perkebunan industri di Indonesia sebagai bahan baku penghasil minyak. Tanaman kelapa sawit memiliki banyak potensi pemanfaatan baik dari batang maupun dari buahnya. Buah sawit sendiri memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan menjadi penyumbang pendapatan bagi negara dari pemanfaatan buah sawit sebagai minyak pangan maupun minyak non pangan. Bagian lain dari tanaman sawit yang bisa dimanfaatkan yaitu tandan kosong kelapa sawit dan sabut kelapa sawit.

Banyaknya pabrik kelapa sawit mengakibatkan timbulnya permasalahan seperti terjadinya pencemaran air, tanah, sengketa kepemilikan dan lain-lain. Oleh sebab itu setiap perusahaan dituntut untuk meningkatkan kinerja keberlanjutan berdasarkan aspek lingkungan, ekonomi dan sosial. Adanya peningkatan luas lahan kelapa sawit dapat menambah jumlah limbah yang dihasilkan. Hal tersebut disebabkan oleh bobot limbah pabrik kelapa sawit (PKS) yang harus dibuang semakin bertambah. Limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, baik kuantitas sumber daya alam, kualitas sumber daya alam, maupun lingkungan hidup. Limbah industri pertanian khususnya industri kelapa sawit mempunyai ciri khas berupa kandungan bahan organik yang tinggi (Susilawati dan Supijatno, 2015).

Pabrik kelapa sawit menghasilkan beberapa jenis limbah yaitu limbah padat, limbah cair dan gas. Limbah padat berupa tumpukan tandan kosong kelapa sawit, dari tumpukan tandan kosong tersebut menghasilkan lindi. Lindi dari sawit merupakan air yang dihasilkan dari paparan air hujan diatas timbunan tandan kosong kelapa sawit, dimana lindi ini mengandung banyak sekali unsur organik dan anorganik dengan tingkatan yang sangat tinggi, sehingga dapat mencemari lingkungan baik itu pencemaran tanah, pencemaran air baik itu air tanah, air permukaan, air bawah tanah atau bahkan pencemaran udara yang dihasilkan oleh bau pada lindi tandan kosong kelapa sawit (Royani, 2021).

Lindi memiliki variasi kandungan polutan organik dan anorganik yang dipengaruhi komposisi tandan kosong yang ditimbun, hidrogeologi, iklim dan kelembaban. Perlunya pengolahan lindi bertujuan untuk mengurangi dampak negatifnya pada lingkungan. Umumnya pengolahan lindi yang dilakukan berupa pengolahan air limbah secara fisika, kimia, maupun biologi (Aziz dkk., 2011).

Salah satu alternatif pengolahan lanjutan lindi adalah pemanfaatan lahan basah buatan (*Wetland*) yang merupakan salah satu metode pengolahan yang efisien karena dapat menekan konsumsi energi dibandingkan pengolahan secara konvensional dan membutuhkan biaya relatif rendah sehingga cocok untuk negara-negara berkembang. *Wetland* mengandalkan akar tumbuhan air (tumbuhan rawa) untuk penyaringan, media, dan bakteri untuk mengolah air limbah dalam menurunkan kandungan BOD, TSS, bakteri patogen, nutrisi dan logam berat (Suswati dkk, 2012).

Media tanam dalam *Wetland* berfungsi mendukung perakaran tumbuhan ataupun tumbuhan *submergent aquatic* yang dapat mengapung di permukaan air (Suprihatin, 2014). Tumbuhan air dalam *Wetland* memegang peranan penting dalam proses pemulihan kualitas air limbah secara alamiah (Suprihatin, 2014). Jenis tumbuhan air yang terbukti memiliki kemampuan mengolah lindi seperti *Phragmites mauritianus*, *Typha latifolia*, *Nymphaea spontanea*, *Cyperus papyrus*, *Typha angustifolia*, *Limnocharis flava*, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, dan *Cyperus haspan* (Akinbile, 2012), tumbuhan *Scirpus sumatrensis*, *Scirpus mucronatus*, *Phragmites australis*, dan *Glyceria maxima* terbukti efektif dalam menurunkan kandungan ammonia dan total nitrogen (Setiarini, 2013).

Beberapa penelitian terhadap penggunaan tumbuhan air dalam pengolahan lindi adalah penelitian dari (Verma, 2015), yang dilakukan pada skala laboratorium. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tumbuhan air *Eichhornia crassipes* yang digunakan mampu menurunkan kandungan Ni, Zn, Cr, TSS, TDS, BOD, COD, dan total kesadahan masing-masing mencapai efisiensi 95,65%, 92,31%, 51,66%, 90%, 79,57%, 62,57%, 54,19%, 78,39%. Selain itu penelitian dari (Tsai, 2011), serapan NH<sub>3</sub>-N oleh tumbuhan *Phragmites australis* mencapai 82 ± 8% pada kondisi single plant. Berdasarkan fakta tersebut, maka perlu dilakukan studi literatur pengolahan lindi dengan menggunakan tumbuhan

air untuk mengkaji kemampuan tumbuhan air dalam menurunkan kadar polutan pada lindi, sistem pengolahan *Wetland*, dan kemungkinan hasil studi untuk dapat diaplikasikan.

Adapun permasalahan yang ada di industri sawit PT. Kharisma Iskandar Muda ini yaitu lindi. PT. Kharisma Iskandar Muda ini pernah dibekukan izin operasi pada tahun 2020 lalu karena limbah yang dilepaskan ke badan air tidak sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan dan juga kolam lindi yang langsung ditampung didalam lobang galian tanpa adanya pengecoran. Hal ini dapat mengakibatkan pencemaran tanah karena lindi berkontak langsung dengan tanah, sehingga tidak menutupi kemungkinan lindi masuk ke dalam tanah dan mencemari air tanah.

### 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan permasalahan pada penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana pengaruh jumlah batang kangkung dalam pengujian lindi kelapa sawit dengan metode *Wetland* ?
2. Bagaimana efektivitas proses metode *Wetland* dalam menurunkan kadar COD, BOD, TSS, pH ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian yang dapat diambil yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh jumlah batang kangkung dalam pengujian lindi kelapa sawit dengan metode *Wetland*.
2. Untuk mengetahui efektivitas proses metode *Wetland* dalam menurunkan kadar COD, BOD, TSS, pH.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh pada penelitian ini yaitu:

1. Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai bahan belajar, dan juga dapat dijadikan sebagai bahan referensi, serta sebagai bahan masukan bagi pembaca.

2. Sebagai ranah penulisan bagi peneliti untuk mengaplikasikan ilmu Teknik Lingkungan khususnya pengolahan lindi pada pengolahan sawit untuk mengetahui hasil perbandingan dari studi pembelajaran dengan fakta penelitian dilapangan.

### 1.5 Batasan Penelitian

Batasan pada penelitian ini hanya berfokus pada parameter pH, COD, BOD dan TSS. Kemudian tumbuhan kangkung digunakan sebagai tumbuhan fitoremediasi pada pengolahan lindi tandan kosong kelapa sawit. Tumbuhan kangkung di aklimatisasi terlebih dahulu selama 7 hari, dan digunakan sebanyak 5 batang kangkung dan 7 batang kangkung pada 5 liter lindi.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Limbah

Limbah merupakan bahan yang berasal dari sisa atau buangan yang tidak dapat digunakan kembali, baik dari kegiatan industri, rumah tangga, pertambangan atau kegiatan harian manusia. Limbah dibagi menjadi tiga berdasarkan bentuknya yaitu cair, padat dan gas (Sunarsih, 2014). Air limbah yaitu dihasilkan dari pencucian pada industri, rumah tangga maupun kegiatan sehari-hari dalam bentuk cair. Limbah padat merupakan limbah yang dihasilkan dari bahan sisa pengolahan yang berbentuk padat, sedangkan limbah gas diperoleh dari pengolah yang menghasilkan bau atau pengolahan yang menggunakan bahan bakar.

#### 2.2 Pengertian Lindi



**Gambar 2.1.** Kolam Lindi  
(Sumber: Lapangan)

Pengolahan lindi merupakan metode alternatif untuk mencapai pengelolaan limbah yang komprehensif dan ramah lingkungan. Lindi disebabkan oleh air dari luar yang masuk ke dalam tumpukan sampah/tandan kosong kelapa sawit, kemudian melarutkan bahan-bahan yang ada di tumpukan sampah,

sehingga kandungan pencemar organik dan anorganiknya akan berubah. Ketika air hujan bersentuhan dengan tanah kosong, sebagian air akan hilang sebagai limpasan dan evapotranspirasi.

Lindi merupakan air yang dihasilkan dari paparan air hujan diatas suatu timbunan sampah atau timbunan tandan kosong. Lindi dari sawit merupakan air yang dihasilkan dari paparan air hujan diatas timbunan tandan kosong kelapa sawit, dimana lindi ini mengandung banyak sekali unsur organik dan anorganik dengan tingkatan yang sangat tinggi, sehingga dapat mencemari lingkungan baik itu pencemaran tanah, pencemaran air baik itu air tanah, air permukaan, maupun air bawah tanah, atau bahkan pencemaran udara yang dihasilkan oleh bau pada lindi tandan kosong kelapa sawit (Royani, 2021).

Lindi atau *leachate* merupakan air yang mengandung tingkat pencemaran sangat tinggi yang berasal dari timbunan sampah atau timbunan tandan kosong kelapa sawit (Saleh dan Purnomo, 2014). Timbunan dalam jumlah yang sangat banyak bahkan sampai hitungan ton akan menghasilkan lindi dari hampasan air hujan kemudian air hujan itu memasuki rongga-rongga tandan kosong kelapa sawit lalu mengalami proses kimia, fisika, dan biologis sehingga menghasilkan zat pencemar yang tinggi yang dapat mencemari lingkungan khususnya air (Sari, 2017).

Sistem pembuangan tandan kosong kelapa sawit yang diterapkan adalah dengan menumpuk tandan kosong kelapa sawit tersebut. Sistem ini standar dilakukan meskipun ada potensi gangguan yang ditimbulkan, salah satunya dampak negatif yaitu lindi, merupakan cairan yang dihasilkan dari tumpukan tandan kosong kelapa sawit akibat air hujan dan proses biologi dimana air tersebut mengandung zat pencemar yang tinggi.

Pada musim hujan jumlah lindi yang dihasilkan dari tumpukan tandan kosong kelapa sawit lebih banyak. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi iklim akan sangat berpengaruh terhadap jumlah lindi yang dihasilkan. Pada daerah yang curah hujan lebih tinggi akan menghasilkan jumlah lindi yang tinggi pula. Begitu juga daerah dengan curah hujan yang rendah akan menghasilkan lindi yang jumlahnya lebih sedikit. Lindi yang dihasilkan dari timbunan tandan kosong kelapa sawit merupakan air limbah dengan kandungan organik yang tinggi, antara

lain COD 150-100000 mg/l, nitrit 1-1500 mg/l, dan kebutuhan oksigen biokimia 200-2000 mg/l. Lindi yang terbentuk dari timbunan tandan kosong kelapa sawit mengandung zat pencemar yang sangat tinggi melalui proses fisika, kimia, dan biologi (Fatha, 2007).

Lindi berasal dari air yang melalui proses perkolasi dari hampasan air hujan yang jatuh di atas timbunan kelapa sawit yang melalui proses fisika, kimia dan biologis. Melalui proses tersebut lindi mengandung zat pencemar yang tinggi seperti logam organik, anorganik, serta mikroorganisme dan juga diketahui mengandung logam berat yang jika lindi ini masuk kedalam tanah akan menyebabkan pencemaran tanah dan juga pencemaran pada air tanah (Royani, 2021).

**Tabel 2.1** Baku Mutu Lindi

No.	Parameter	Satuan	Baku mutu
1.	BOD	mg/l	150
2.	COD	mg/l	300
3.	TSS	mg/l	100
4.	pH	-	6-9

(Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi)

Berdasarkan Tabel 2.1. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menteri Lingkungan Hidup/Setjen/Kum.1/7/2016 Tentang Baku Mutu Lindi bagi usaha dan/atau Kegiatan TPA Sampah menyatakan bahwa kadar lindi untuk BOD sebanyak 150 mg/l, COD sebanyak 300 mg/l, dan TSS sebanyak 100 mg/l. Jika angka pada lindi lebih dari angka baku mutu maka dapat dikatakan bahwa lindi tersebut mengandung zat pencemar dan tidak boleh dialirkan ke badan air atau kedalam tanah secara langsung tanpa pengolahan.

### 2.3 Komposisi Lindi

Menurut (Thomas, 1989) Beberapa senyawa kimia anorganik yang mungkin terdapat dalam lindi hitam adalah:

- Natrium hidroksida (NaOH)
- Natrium sulfida (Na<sub>2</sub>S)

- Natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
- Natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )
- Natrium Tiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )
- Natrium klorida ( $\text{NaCl}$ )

## 2.4 Parameter

### 2.4.1 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD merupakan salah satu parameter untuk mengetahui atau menentukan seberapa tingkatan pencemaran pada air limbah serta untuk menentukan seberapa banyak oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri yang digunakan untuk mengurai zat organik yang diuraikan melalui proses biologis dalam waktu tertentu (Fatha, 2007).

BOD juga dapat diartikan sebagai karakter spesifik yang mewakili jumlah oksigen yang terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme seperti bakteri yang berguna untuk menguraikan bahan organik dalam keadaan aerobik. Bahan organik yang terdapat dalam BOD merupakan bahan organik yang sudah siap terurai atau biasa disebut *easy decomposable organik matter* (Rahmawati dan Azizah, 2005).

BOD merupakan parameter dengan jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba dalam air dalam menanggapi masuknya bahan organik biodegradable. Dari definisi tersebut dapat dikatakan bahwa meskipun nilai BOD menyatakan kandungan oksigen, tetapi juga dapat diartikan sebagai gambaran kandungan bahan organik yang dapat terurai di dalam air. (Kumalasari, 2005).

Kerugian dari determinasi BOD adalah konsentrasi tinggi yang disesuaikan dengan lingkungan dan benih bakteri aktif diperlukan; jika air terbukti mengandung zat beracun, beberapa perlakuan awal diperlukan; pengaruh atau pengaruh nitrifikasi organisme harus dikurangi. Terlepas dari kelemahan ini, BOD masih digunakan sampai sekarang. Hal ini karena berbagai alasan, terutama terkait dengan pengolahan air limbah, yaitu:

- a. BOD merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk memahami perkiraan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk organisme yang stabil.
- b. Menentukan skala fasilitas unit pengolahan lindi.

- c. Untuk mengetahui efisiensi pengolahan dalam proses pengolahan lindi.
- d. Untuk menentukan apakah memenuhi ambang batas yang diperbolehkan untuk pengolahan air limbah.

Karena BOD kemungkinan akan terus digunakan untuk beberapa waktu di masa depan, penting untuk mengetahui sebanyak mungkin tentang bagaimana hal itu ditentukan dan segala keterbatasan atau kekurangannya (Kumalasari, 2005)

#### **2.4.2 COD (*Chemical Oxygen Demand*)**

COD atau disebut dengan *Chemical Oxygen Demand* yaitu jumlah kebutuhan oksigen yang diperlu untuk mendegradasi bahan-bahan organik secara kimia di dalam air (Nurjannah dkk., 2017). Dan juga merupakan total oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan kandungan bahan organik yang ada di dalam air limbah lindi.

COD merupakan tingkatan oksigen yang dibutuhkan dalam proses oksidasi zat organik yang terkandung di dalam air limbah dalam hitungan 1 liter air limbah, pada saat proses mengoksidasi air limbah akan digunakan salah satu zat oksidasi misalnya  $K_2Cr_2O_7$  sebagai zat oksigen kemudian akan dioksidasi dengan proses mikrobiologis secara alami dan hal ini akan mengurangi angka COD atau oksigen yang terlarut didalam air (Fatha, 2007).

Untuk penguraian ini dibutuhkan penguraian secara kimia dengan digunakannya oksidator kuat kalium dikromat dalam suasana asam dan dengan suhu panas yang katalisator perak sulfat, maka dengan demikian bahan organik dengan sangat mudah diuraikan oleh bakteri secara efektif maka dari itu perbedaan BOD dan COD akan menggambarkan selisih jumlah bahan organik yang mudah diurai didalam lindi. Jumlah total nilai dari BOD dan COD kemungkinan akan sama, namun dikarenakan jumlah nilai BOD harus dibawah nilai COD maka dapat dikatakan bahwa COD merupakan jumlah total bahan organik yang terkandung di dalam lindi (Syahputra, 2004).

#### **2.4.3 TSS (*Total Suspended Solid*)**

Total padatan tersuspensi (TSS) atau total padatan tersuspensi adalah residu dari total padatan yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimum  $2 \mu m$  atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Bahan yang

terkandung dalam TSS antara lain bakteri, jamur, alga, tanah liat, lumpur, sulfida, dan oksida logam. Zat ini merupakan tempat terjadinya reaksi heterogen, zat yang pertama kali membentuk endapan dan dapat menghambat kemampuan menghasilkan zat organik di dalam air. Kandungan TSS di badan air menunjukkan pengendapan badan air (Rinawati dkk, 2016).

TSS merupakan total lumpur kering yang terkandung didalam air limbah dalam satuan mg/liter. Tujuan yang ditentukannya zat tersuspensi (TSS) agar diketahui seberapa tinggi angka pencemaran pada suatu air limbah dan juga bertujuan untuk menentukan system pengolahan air yang praktis dan efisien (Fatha, 2007).

Nilai TSS dengan jumlah tinggi juga secara langsung mengganggu organisme akuatik seperti ikan karena disaring oleh insang. Nilai TSS bisa menjadi salah satu parameter biofisik air yang secara dinamis mencerminkan perubahan yang terjadi Terjadi di darat dan air. TSS sangat berguna dalam menganalisis air dan emisi air domestik yang terkontaminasi dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas air dan menentukan efisiensi unit pemrosesan (Syahputra, 2004).

#### **2.4.4 pH**

pH (*Power of Hydrogen*) adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH didefinisi juga sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen ( $H^+$ ) yang terlarut (Ningrum, 2018). Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoretis. Skala pH bukanlah skala absolut, tetapi bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional. pH bersifat asam jika skala pH 1-7, kondisi basa apabila skala pH berkisar 7-14 dan kondisi pH netral pada skala 7 (Randy dkk, 2021).

## **2.5 Tandan Kelapa Sawit**

Tanda kelapa sawit merupakan suatu bahan sisa berupa padatan dalam pengolahan industri kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit mempunyai beberapa manfaat, diantaranya adalah dapat digunakan dalam berbagai keperluan,

misalnya sebagai bahan utama dalam penggunaan bahan material tekstil, pupuk kompos, bahan pewarna, membuat kertas dan sebagainya (Destyorini dan Indayaningsih, 2018).

Tumpukan tandan kosong kelapa sawit dengan jumlah yang sangat banyak tanpa dilakukan pengolahan secara khusus akan menghasilkan cairan dengan zat pencemaran yang tinggi. Pada saat timbunan tandan kelapa sawit yang terpapar hujan, kemudian akan terjadi reaksi fisika, kimia, dan biologis serta dengan bantuan mikroorganisme akan menghasilkan air yang mana jika air ini masuk kedalam tanah akan menyebabkan pencemaran tanah, jika tercampur dengan air tanah akan menyebabkan pencemaran pada air tanah, air ini disebut dengan air limbah lindi (Ramadhani, 2019).



**Gambar 2.2.** Timbunan Tandan Kosong Kelapa Sawit  
(Sumber: Lapangan)

Lindi yang dihasilkan dari timbunan tandan kosong kelapa sawit merupakan air limbah dengan kandungan organik yang tinggi, antara lain COD 150-100000 mg/l, nitrit 1-1500 mg/l, dan kebutuhan oksigen biokimia 200-2000 mg/l. Lindi yang terbentuk dari timbunan tandan kosong kelapa sawit mengandung zat pencemar yang sangat tinggi melalui proses fisika, kimia, dan biologi (Fatha, 2007).

## 2.6 Metode *Wetland*

*Wetland* merupakan metode yang digunakan dalam pengolahan lindi dengan memanfaatkan akar tanaman dan mikroorganisme. *Wetland* merupakan sebuah rekayasa lahan basah yang digunakan untuk pemurnian air limbah secara

fisika, kimia, dan biologi dengan memanfaatkan proses filtrasi, adsorbs, pertukaran ion, penguraian mikroba, dan sedimentasi (Ramadhani, 2019).

*Wetland* merupakan suatu rekayasa manusia yang menyerupai rawa yang terdiri dari air, hewan, substrat, dan tanaman yang digunakan untuk keperluan manusia, melalui proses fisika, kimia, dan biologi yang digunakan untuk memurnikan kembali air limbah selayaknya yang terjadi di rawa alami.

Ada beberapa faktor utama dalam pengolahan limbah lindi yaitu:

1. Kawasan dengan genangan air yang dapat mendukung kehidupan tumbuhan air sejenis *hydrophyte*.
2. Adanya media yang akan digunakan sebagai tempat pertumbuhan tumbuhan air dengan kondisi selalu basah.
3. Media yang akan digunakan tidak harus tanah, dapat digantikan dengan media yang jenuh air.

Proses yang berlangsung pada saat proses *Wetland* yaitu proses untuk menguraikan dan dikonversikan zat pencemar dengan bantuan mikroorganisme dan akan tanaman.

## 2.7 Tanaman Kangkung

Kangkung merupakan tanaman dengan daya adaptasi yang luas, dapat beradaptasi dengan iklim dan kondisi tanah di daerah tropis, sehingga dapat ditanam di berbagai wilayah Indonesia Indonesia. Kangkung juga merupakan tanaman yang tidak selektif terhadap unsur hara tertentu, membuatnya mampu menyerap semua unsur yang terkandung di dalam tanah. Kangkung bisa tumbuh subur berada di badan air yang tidak terlalu dalam atau di tepi sungai, danau dan parit.

Menurut Suratman (2000) dalam sistematika (*taksonomi*) tumbuh-tumbuhan, tanaman kangkung dikelompokkan dalam klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae (Tumbuhan)  
 Subkingdom : Viridiplantae  
 Super Divisi : Embryophyta  
 Divisi : Tracheophyta  
 Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Solonales  
 Famili : Convolvulaceae  
 Genus : *Ipomoea L*  
 Spesies : *Ipomoea aquatica Forsk*



**Gambar 2.3.** Akar Kangkung Air  
 (Sumber: Lapangan)

Kangkung merupakan tanaman yang dapat memanfaatkan kandungan hara yang rendah dari air yang digunakan dalam proses kehidupan. Kangkung dapat menghasilkan oksigen dan menyerap polutan seperti nitrogen dan fosfor yang masuk ke dalam air. Oleh karena itu tanaman kangkung dapat dimanfaatkan untuk fitoremediasi (Rosita, 2013).

Kangkung dapat menurunkan kadar COD pada lindi sebesar 86,2% dan kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) sebesar 86,7%. Tumbuhan air yang tumbuh dalam lindi dapat menyerap zat-zat organik yang terkandung di dalamnya. Tumbuhan air semakin banyak, dan semakin banyak bahan organik yang diserap, sehingga semakin sedikit bahan organik yang harus diurai oleh mikroorganisme (Natalina, 2013). Tumbuhan air yang tumbuh dalam lindi dapat menyerap zat-zat organik yang terkandung di dalamnya. Tumbuhan air semakin banyak, dan semakin banyak bahan organik yang diserap, sehingga semakin sedikit bahan organik yang harus diurai oleh mikroorganisme (Natalina, 2013). Fachrurozi

(2010), mengungkapkan bahwa nilai BOD dipengaruhi oleh tanaman yang menutupi permukaan air limbah. Semakin banyak tanaman air dalam air limbah, semakin banyak bahan organik yang diserap, sehingga semakin sedikit bahan organik yang harus didegradasi oleh mikroorganisme. Keadaan ini menyebabkan kandungan oksigen yang lebih tinggi dalam limbah cair. Karena pasokan oksigen yang dihasilkan oleh fotosintesis tanaman, kandungan oksigen terlarut juga meningkat. Oleh karena itu, semakin banyak tanaman, semakin rendah nilai BOD yang berarti semakin baik kualitas air limbah.

Sayuran dan tanaman lain yang dapat dengan mudah menyerap logam berat dalam air, dan juga dapat mengurangi bau yang disebabkan oleh timbunan tandan kosong kelapa sawit. Logam berat dapat diserap ke dalam jaringan tanaman melalui akar dan stomata daun, kemudian masuk ke sirkulasi rantai makanan. Salah satu sayuran yang bisa dimakan yaitu kangkung yang mampu menyerap kandungan logam yang cukup tinggi (Ngirfani, 2020).

Fungsi tanaman lahan basah buatan pada umumnya adalah pertumbuhan dan gugur, nutrisi yang dihasilkan oleh pertumbuhan tanaman dapat memperlambat aliran dan menciptakan tempat untuknya bertahan dan perkembangan mikrobiologi yang berupa bangkai tanaman serta melepaskan karbon organik sebagai bahan bakar metabolik mikroorganisme. Keuntungan terbesar dari tumbuhan di lahan basah buatan adalah kemampuan tumbuhan yang dapat mentransmisikan oksigen. Karena akar menembus lapisan tanah, lalu transfer oksigen dapat terjadi lebih dalam dengan masuknya oksigen melalui difusi alami.

## **2.8 Pemanfaatan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*) dalam metode *Wetland***

Akar, batang dan daun kangkung semuanya memiliki struktur tertentu. Karena tingkat pertumbuhannya yang cepat dan toleransi lingkungan, kangkung telah banyak digunakan di pabrik pengolahan limbah untuk pengendalian pencemaran air. Kemampuan sekelompok mikroorganisme, seperti bakteri dan jamur, untuk menguraikan zat organik dan anorganik dalam air limbah telah lama

dikenal dan digunakan, secara alami ada di danau, parit, sungai, lautan atau tempat lain. Tempat berair, dan dataran lembab (Ramadhani, 2019).

Ada sekelompok mikroorganisme yang juga terdiri dari bakteri dan jamur, mereka hidup bersimbiosis di sekitar akar tanaman, kedua tanaman ini hidup di lingkungan tanah dan perairan, karakteristik keberadaannya tergantung pada akar tersebut. Kelompok mikroorganisme ini sering disebut sebagai mikroorganisme rhizobia/era. Banyak jenis mikroorganisme yang dapat menguraikan zat organik dan anorganik yang terkandung dalam air limbah untuk memanfaatkan keberadaannya untuk tujuan pengolahan air limbah.

Banyak jenis tumbuhan, terutama yang hidup di habitat perairan, memiliki kemampuan untuk mengolah senyawa organik. Atau zat anorganik yang terkandung dalam air limbah. Karena kegunaannya sebagai penjernih air limbah, kangkung berperan dalam penyaringan biologis, seperti halnya eceng gondok, apu melimpah, spunlace dan walingin. Pada dasarnya, filtrasi biologis adalah untuk menyerap akumulasi polutan yang terkandung dalam air ke dalam struktur tubuh tanaman (Ramadhani, 2019).

### **2.8.1 Mekanisme penyerapan polutan oleh tumbuhan kangkung**

Proses penyerapan unsur hara tanaman dimulai dengan penguraian bahan organik oleh mikroorganisme rhizosfer, yang kemudian diserap oleh tanaman kangkung. Tanaman perlu menyerap nutrisi untuk fotosintesis. Oksigen yang dihasilkan selama fotosintesis digunakan kembali oleh mikroorganisme rhizosfer untuk menguraikan bahan organik yang tersisa. Dengan analogi, siklus dekomposisi dan penyerapan nutrisi didasarkan pada hubungan simbiosis antara mikroorganisme rhizosfer dan tanaman kangkung. Melalui siklus simbiosis ini akan berdampak pada pengurangan beban polutan pada sumber lindi.

Kangkung dapat meningkatkan kualitas air yang tercemar limbah cair. Tumbuhan ini dapat menyerap logam berat (penyebab pencemaran) pada medium pertumbuhan menengah dan akhir, sehingga mengurangi kandungannya. Kandungan logam berat pada tanaman ini meningkat dan menurun pada media cair. Ion-ion bebas dalam air dapat dikombinasikan dengan oksigen untuk meningkatkan oksigen (DO) dalam media cair, sehingga meningkatkan kualitas

air. Karena fotosintesis, tanaman air dapat menyerap mineral terlarut dan kaya akan oksigen.

Proses penghilangan padatan tersuspensi dalam air limbah melalui proses flokulasi, sedimentasi dan filtrasi atau retensi. Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air, sedangkan partikel yang lebih ringan juga akan terbawa oleh air dan ditangkap oleh tumbuhan kemudian mengendap. Partikel yang lebih kecil akan teradsorpsi pada lapisan biofilm yang menempel pada permukaan tanah dan kolom air. Padatan tersuspensi di lahan basah muncul ketika invertebrata mati, batang tanaman, plankton dan mikroorganisme dalam air tambak diproduksi atau menempel pada permukaan tanaman, dan senyawa yang terperangkap (Ramadhani, 2019).

Selain sebagai penahan partikel selama proses pengendapan, tumbuhan kangkung juga memiliki fungsi sebagai berikut: dengan menggunakan bagian batang tanaman untuk mengurangi kecepatan air, membuat kecepatan air rendah, dan sebagai media pertumbuhan mikroorganisme, sebagai pembawa oksigen ke lapisan substrat dengan bantuan akar dan tempat di mana ia terbentuk atau menempel pada lapisan biofilm yang ditemukan di lahan basah yang dibangun. Tanaman kangkung memiliki struktur tertentu, antara lain akar, batang, dan daun. Karena sifatnya yang cepat tumbuh dan toleran terhadap lingkungan, kangkung mulai banyak digunakan untuk mengendalikan pencemaran air di instalasi pengolahan limbah (Ramadhani, 2019).

## 2.9 Phytoremediasi

Fitoremediasi adalah proses penggunaan makhluk hidup berupa tumbuhan yang memiliki klorofil untuk, mengurangi kadar bahan pencemaran yang ada di dalam lingkungan seperti tanah, air, dan udara. dan juga merupakan upaya penggunaan tanaman dan bagian-bagiannya untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan, baik secara ex-situ (menggunakan kolam buatan atau reaktor) maupun in-situ (langsung dilokasi tercemar) (Elystia dkk, 2014). Proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan. US EPA (1997) dan ITRC (2001) secara umum membuat klasifikasi proses sebagai berikut;

a. Fitostabilisasi (*Phytostabilization*)

Akar tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan presipitat polutan dalam zona akar. Proses ini secara tipikal digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik.

b. Fitoekstraksi/Fitoakumulasi (*Phytoextraction/Phytoaccumulation*)

Akar tumbuhan menyerap polutan dan selanjutnya ditranslokasi ke dalam organ tumbuhan. Proses ini adalah cocok digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik.

c. Rizofiltrasi (*Rhizofiltration*)

Akar tumbuhan mengadsorpsi atau presipitasi pada zona akar atau mengabsorpsi larutan polutan sekitar akar ke dalam akar. Proses ini digunakan untuk bahan larutan sehingga untuk kompos tidak memerlukan proses rizofiltrasi. Tetapi untuk lindi yang terbentuk dalam proses pengomposan primer maka rizofiltrasi sangat tepat diterapkan.

d. Fitodegradasi/Fitotransformasi (*Rhizodegradation*)

Polutan diuraikan oleh mikroba dalam tanah, yang diperkuat/sinergis oleh ragi, fungi, dan zat-zat keluaran akar tumbuhan (eksudat) yaitu gula, alkohol, asam. Eksudat itu merupakan makanan mikroba yang menguraikan polutan maupun biota tanah lainnya. Proses ini adalah tepat untuk dekontaminasi zat organik. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah berbagai jenis rumput

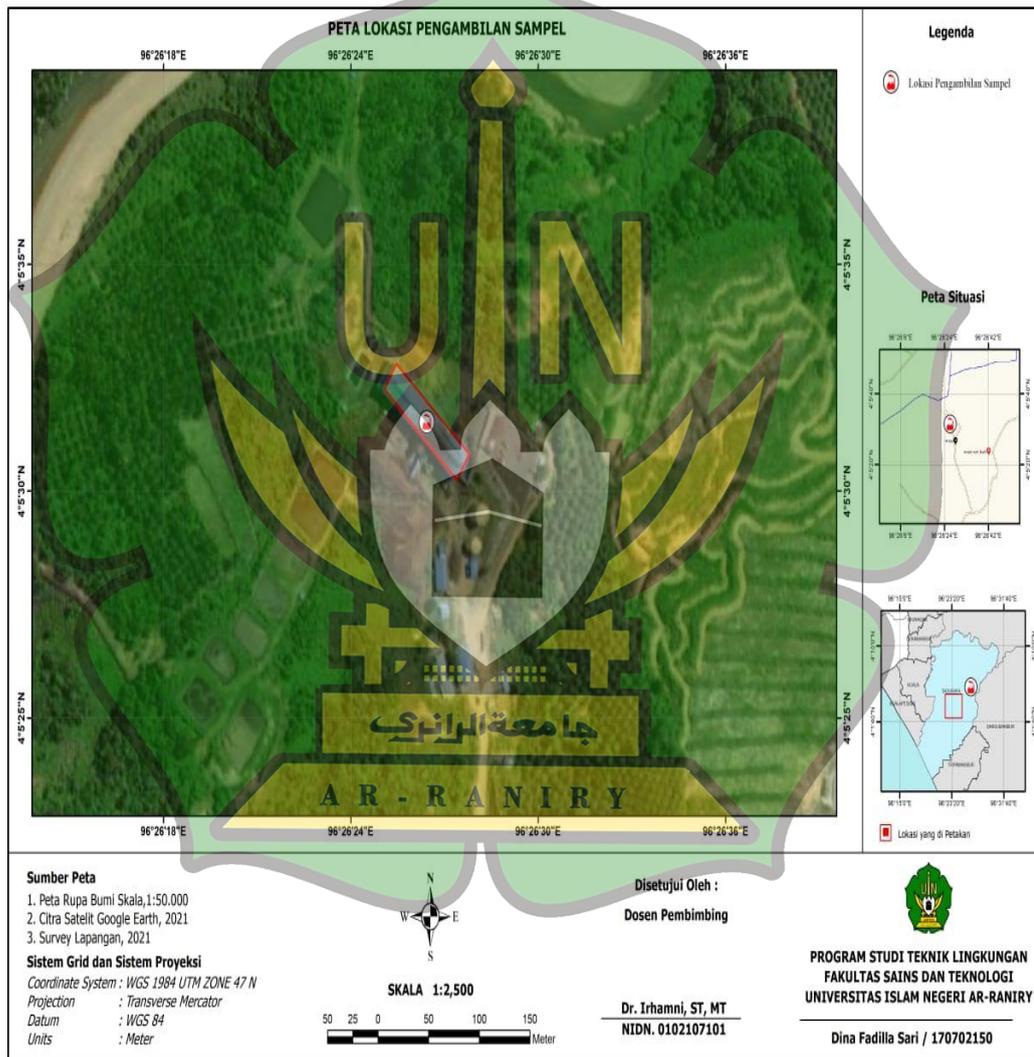
e. Fitovolatilisasi (*Phytovolatilization*)

Penyerapan polutan oleh tumbuhan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer. Kontaminan bisa mengalami transformasi sebelum lepas ke atmosfer. Kontaminan zat-zat organik adalah tepat menggunakan proses ini.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh pada bulan September 2021. Pengambilan sampel lindi berlokasi di PT. Kharisma Iskandar Muda (PT. KIM) Desa Alue Gani.



Gambar 3.1. Peta lokasi penelitian  
(Sumber: Google Earth, 2021)

**Tabel 3.1.** Tahapan perencanaan penyelesaian Penelitian Tugas Akhir.

No	Perencanaan	Bulan															
		Juli			Agust			Sep			Okt			Nov		Des	
1.	Acc Judul																
2.	Bimbingan Proposal TA																
3.	Acc Proposal																
4.	Seminar Proposal																
5.	Penelitian																
6.	Bimbingan TA																
7.	Acc TA																
8.	Sidang TA																

### 3.2 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan teknik pengmabilan sesaat atau *grab sampling* pada kolam limbah lindi di PT. Kharisma Iskandar Muda.

1. Sampel lindi diambil secara langsung di kolam lindi PT. Kharisma Iskandar Muda, Desa Alue Gani, Kecamatan Darul Makmur, Kabupaten Nagan Raya, pada pukul 10:00-11:00 WIB.
2. Sampel lindi diambil dengan menggunakan gayung kemudian dimasukkan kedalam wadah atau jergen sebanyak 20 liter.

Sesuai dengan SNI (6989.59:2008) dengan kriteria sebagai berikut:

- a. Bahan yang digunakan tidak mempengaruhi sifat
- b. Bahan yang digunakan mudah untuk dibersihkan dari sisanya
- c. Mudah untuk dipisahkan kedalam wadah penampung
- d. Mudah untuk dibawa.

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah wadah 2 buah.

### 3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Lindi 5L/ wadah
2. Tanaman kangkung air: 5 batang/wadah dan 7 batang/wadah

### 3.3.3 Cara Kerja

1. Sampel lindi dituangkan kedalam masing masing wadah sebanyak 5L per perlakuan.
2. Dimasukkan tanaman kangkung yang sebelumnya sudah diaklimasi selama 1 minggu, sebanyak 5 batang dan 7 batang pada setiap wadah yang berisi sampel lindi.
3. Selanjutnya sampel lindi didiamkan selama 1 minggu dan diamati setiap hari perubahannya.
4. Setelah 1 minggu, sampel lindi dibawa ke laboratorium untuk diuji.

## 3.4 Analisa Laboratorium

### 3.4.1 Pengukuran Parameter Lindi

Berikut pengukuran parameter yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Pengukuran Parameter Lindi

No	Parameter	Metode Uji	Acuan
1.	pH	pH Meter	SNI 6989.11:2004
2.	BOD	Gravimetri	SNI 6989.72:2009
3.	COD	Bichromat	SNI 6989.2:2009
4.	TSS	Gravimetri	SNI 6989.3:2019

### 3.4.2 Pengujian COD

Berdasarkan (SNI 6989.2.2009) COD diuji untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (COD) dalam air limbah. Adapun Langkah-langkahnya sebagai berikut:

### Persiapan Sampel

1. Dimasukkan sampel limbah dengan pipet volume kedalam tabung reaksi sebanyak 2,5 ml, kemudian disusun ke dalam rak tabung reaksi dan diberi nama dengan label sesuai massa yang diberikan
2. Ditambahkan 1,5 ml larutan  $K_2Cr_2O_7$  dengan pipet volume
3. Kemudian, ditambahkan 3,5 ml  $H_2SO_4$  dengan menggunakan pipet volume, lalu ditutup.

### Proses COD Inkubator

1. Dinyalakan alat COD reaktor, lalu ditekan tombol start, lalu tunggu suhunya sampai  $150\text{ }^\circ\text{C}$  hingga inkubator berbunyi.
2. Diletakkan tabung reaksi yang sudah dimasukkan sampel tadi ke dalam inkubator.
3. Ditekan start, lalu timer akan aktif, dan ditunggu selama 2 jam sampai inkubator bunyi.
4. Setelah itu, dikeluarkan tabung reaksi dari inkubator dan disusun kembali di rak tabung reaksi, kemudian didiamkan selama 15 menit. Sampel siap diuji.

### Pengujian COD

1. Dinyalakan alat COD meter kemudian dikalibrasi dan dimasukkan akuades ke dalam tabung, lalu dimasukkan ke dalam COD meter sampai keluar angka 0,0 mg/l. Setelah itu alat siap digunakan.
2. Setelah itu sampel dimasukkan ke dalam alat COD meter.
3. Kemudian tekan *mencure*, lalu ditekan enter, dan akan muncul nilai COD dan dilakukan pencatatan hasil.

### 3.4.3 Pengujian BOD

Berdasarkan SNI 6989.72.2009 dalam mendapatkan jumlah oksigen terlarut yang diperlu oleh mikroba untuk mengoksidasi bahan organik karbon dalam contoh uji pada air limbah. Pengujian ini dilakukan di suhu  $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$  dalam waktu 5 hari  $\pm$  6 jam.

1. Bahan yang dibutuhkan
  - a. Akuades

- b. Larutan nutrisi (larutan *magnesium sulfat*, larutan *buffer fosfat*, larutan *feri klorida* dan *kalsium klorida*)
  - c. Larutan suspensi bibit mikroba
  - d. Larutan air pengencer
  - e. Larutan glukosa-asam glutamate
  - f. Larutan asam dan basa 1 N (larutan natrium hidroksida dan larutan asam sulfat)
  - g. Larutan natrium sulfat
  - h. Inhibitor nitrifikasi *Allythiourea* (ATU)
  - i. Asam asetat
  - j. Larutan kalium iodide 10%
  - k. Kanji
2. Alat yang akan dipakai
- a. Botol DO
  - b. *Water cooler* atau lemari inkubasi suhu  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , gelap
  - c. Botol gelas ukuran 5 L – 10 L
  - d. Pipet volumetrik ukuran 1,0 mL dan 1000,0 mL
  - e. pH meter
  - f. DO meter yang telah dilakukan kalibrasi
  - g. *Shaker*
  - h. Blender
  - i. Oven
  - j. Timbangan analitik
3. Prosedur
- a. 2 buah botol DO disiapkan dahulu, tiap botol dengan tanda  $A_1$  dan  $A_2$ .
  - b. Dimasukkan larutan contoh ke setiap botol DO  $A_1$  dan  $A_2$  hingga meluap, hati-hati dalam menutup semuanya untuk terhindar dari munculnya gelembung udara.
  - c. Lalu dikocok, selanjutnya air akuades ditambahkan sekitar mulut botol DO yang ditutup.
  - d. Botol  $A_1$  disimpan pada lemari inkubator  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  dalam waktu 5 hari.

- e. Pengukuran oksigen terlarut dilakukan pada larutan botol A<sub>1</sub> dengan menggunakan alat DO meter yang sudah dikalibrasi sesuai dengan *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21<sup>st</sup> Edition, 2005: Membrane electrode method (4500-O G)* atau dengan metode titrasi secara iodometri (modifikasi Azida) sesuai dengan SNI 06-6989.14-2004. Hasil pengukuran ialah nilai dari oksigen terlarut nol hari (A<sub>1</sub>) dilakukan paling lambat 30 menit setelah pengencaran.
- f. Diulangi bagian e untuk botol A<sub>2</sub> yang sudah diinkubasi 5 hari ± 6 jam. Hasil pengukuran yang didapat ialah nilai oksigen terlarut 5 hari (A<sub>2</sub>).
- g. Bagian a sampai f dilakukan untuk penetapan blanko dengan larutan pengencer tanpa menggunakan contoh uji. Hasil yang didapat ialah nilai oksigen terlarut nol hari (B<sub>1</sub>) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (B<sub>2</sub>).
- h. Dilakukan bagian a hingga f untuk menetapkan ketetapan kontrol standar dengan digunakan larutan glukosa-asam glutamat. Perolehan hasilnya ialah nilai oksigen terlarut nol hari (C<sub>1</sub>) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (C<sub>2</sub>).
- i. Diulangi poin a hingga f dari beberapa pengenceran contoh uji.

#### **3.4.4 Pengujian TSS**

##### **1. Persiapan cawan**

- a. Masukkan cawan ke oven pada suhu 103°C sampai dengan 105°C selama 1 jam.
- b. keluarkan cawan dari oven dan dinginkan dalam desikator.
- c. segera timbang dengan neraca analitik.
- d. ulangi langkah a sampai c sehingga diperoleh berat tetap

##### **2. Pengujian padatan total**

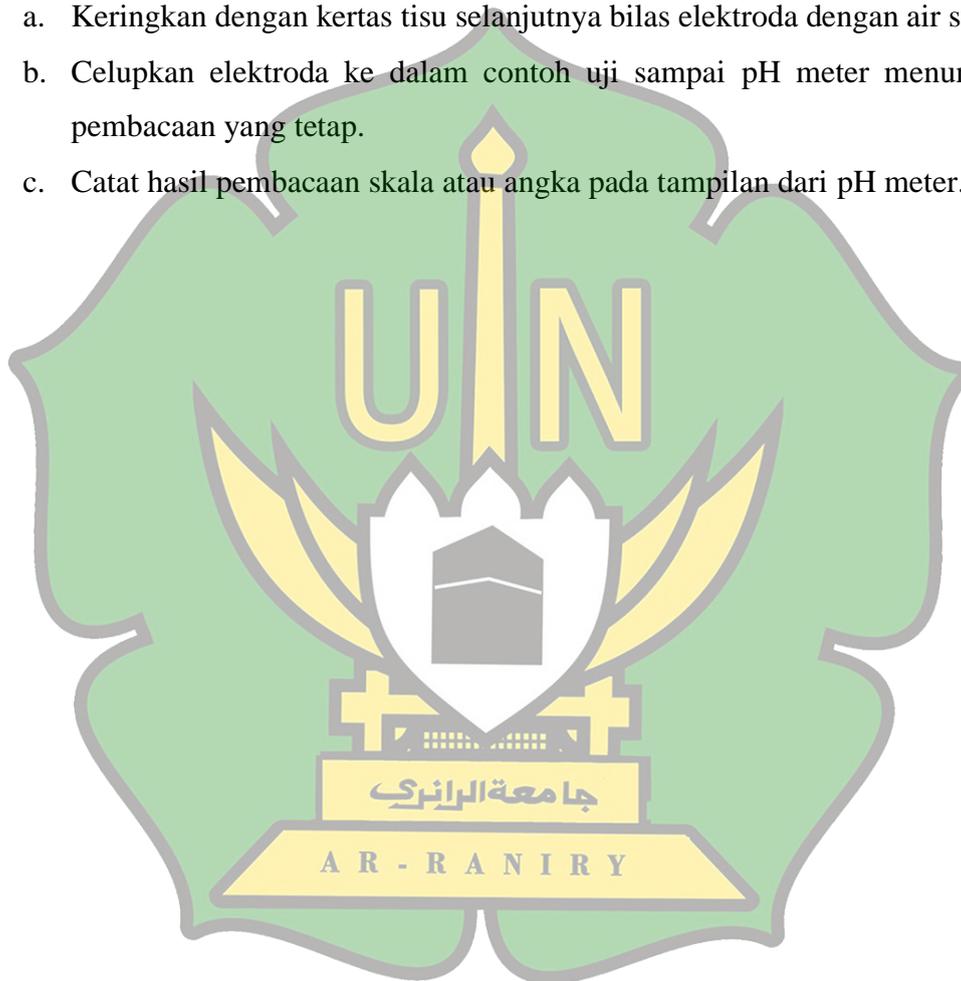
- a. kocok contoh uji sampai homogen
- b. pipet 50 mL sampai dengan 100 mL contoh uji, masukkan ke dalam cawan. Volume contoh uji ini disesuaikan agar padatan tersuspensi yang ditimbang tidak lebih besar dari 200 mg
- c. uapkan contoh uji yang ada dalam cawan sehingga kering pada penangas air
- d. masukkan cawan yang berisi padatan total yang sudah kering ke dalam oven pada suhu 103°C - 105°C selama tidak kurang dari 1 jam
- e. pindahkan cawan dari oven dengan penjepit dan dinginkan dalam desikator

- f. keluarkan cawan dari desikator dan segera timbang dengan neraca analitik
- g. ulangi langkah f sehingga diperoleh berat tetap.

### 3.4.5 Pengujian pH

Dalam penentuan nilai pH lindi akan diuji menggunakan pH Meter pada sampel air 5 liter. Pengujian akan dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan, kemudian akan dicatat hasilnya.

- a. Keringkan dengan kertas tisu selanjutnya bilas elektroda dengan air suling.
- b. Celupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
- c. Catat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Eksperimen

#### 4.1.1 Karakteristik Lindi PT. Kharisma Iskandar Muda

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa karakteristik lindi yang terdapat di PT. Kharisma Iskandar Muda sangat bervariasi tergantung pada proses-proses yang dilakukan meliputi proses fisik, kimia, dan biologis. Karakteristik diketahui berdasarkan sampel lindi yang di ambil dari PT. Kharisma Iskandar Muda yang kemudian dianalisis di laboratorium. Parameter yang digunakan adalah TSS, BOD, COD dan pH. Pemeriksaan kualitas lindi di PT. Kharisma Iskandar Muda dilakukan untuk mengetahui kandungan konsentrasi dari lindi dengan proses aklimatisasi kangkung (Ramadhani, 2019). Berdasarkan hasil analisa laboratorium lindi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Hasil Analisis Laboratorium Lindi PT. Kharisma Iskandar Muda

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa
1	pH	-	6-9	10,0
2	BOD	mg/l	150	888
3	COD	mg/l	300	2883
4	TSS	mg/l	100	47

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa parameter pH, BOD, COD dan TSS pada lindi PT. Kharisma Iskandar Muda belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi. Oleh karena itu lindi perlu diolah terlebih dahulu sebelum di buang ke perairan atau ke badan air.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa karakteristik lindi PT. Kharisma Iskandar Muda memiliki lindi yang bervariasi tergantung dari proses yang dilakukan.

#### 4.1.2 Kemampuan Tanaman Kangkung Pada Pengolahan Lindi

Tanaman kangkung dilakukan proses aklimatisasi bertujuan supaya kangkung dapat beradaptasi dan akar kangkung bersih sebelum dimasukkan ke dalam reaktor uji. Proses aklimatisasi pada kangkung selama 1 sampai 3 hari belum terjadi perubahan, kemudian pada 4 sampai 5 hari mulai terjadi perubahan berupa bakal tunas dan pada 6 sampai 7 hari terlihat jelas pertumbuhan tunas kangkung. Proses aklimatisasi pada hari ke, 7 kangkung di pindahkan ke wadah pertama yang sudah di isi sampel lindi sebanyak 5 batang kangkung dan wadah kedua sebanyak 7 batang kangkung. Tumbuhan kangkung masih belum terjadi perubahan setelah dipindahkan ke wadah kangkung 1 sampai 3 hari. Kangkung mulai layu pada beberapa daun di hari ke 4 sampai 5, pada hari ke 6 dan seterusnya sampai proses aklimatisasi selesai beberapa daun mulai berubah warna menjadi kuning dan tumbuhan kangkung mulai mengeluarkan tunas baru pada 5 batang kangkung dan 7 batang kangkung dengan warna daun yang berubah warna menjadi kuning dan menumbuhkan tunas baru. Tumbuhan air yang tumbuh dalam lindi dapat menyerap zat-zat organik yang terkandung di dalamnya. Semakin banyak tumbuhan air semakin banyak bahan organik yang diserap, sehingga semakin sedikit bahan organik yang harus diurai oleh mikroorganisme (Natalina, 2013). Nilai hasil analisis laboratorium lindi PT. Kharisma Iskandar Muda Tabel 4.1.

Nilai pH menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah perairan tersebut bersifat asam atau basa. Nilai kadar pH lindi PT. Kharisma Iskandar Muda sebesar 10,00 sedangkan baku mutunya adalah 6-9. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah nilai karbondioksida bebas. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) merupakan jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme agar dapat menguraikan bahan organik yang terdapat dalam air pada keadaan aerobik. Nilai BOD dipengaruhi oleh tinggi suhu, densitas plankton, keberadaan mikroba, serta jenis dan kandungan bahan organik (Effendi, 2003). Kadar BOD yang ada pada PT. Kharisma Iskandar Muda mengandung 888 mg/l dengan baku mutu 150 mg/l.

Berdasarkan hasil laboratorium nilai BOD pada PT. Kharisma diatas nilai baku mutu yang menandakan bahwa lindi mengandung bahan organik yang tinggi.

COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua bahan organik yang terdapat di perairan menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. COD merupakan gambaran jumlah total bahan organik yang mudah terurai maupun yang sulit terurai. Kadar COD pada lindi di PT. Kharisma Iskandar Muda sebanyak 2,883 mg/l dengan nilai baku mutu 300 mg/l. Padatan tersuspensi total (TSS) merupakan bahan-bahan yang tersuspensi yang tertahan pada saringan milipore. Kandungan TSS pada lindi PT. Kharisma Iskandar Muda sebanyak 47 mg/l dengan baku mutu 100 mg/l.

## 4.2 Hasil dan Pembahasan

### 4.2.1 Pengolahan Lindi dengan Metode *Wetland* Menggunakan Lima Batang Kangkung

Berikut penurunan nilai parameter pH, BOD, COD, dan TTS pada pengolahan lindi dengan menggunakan batang kangkung dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Hasil Pengolahan Lindi dengan Lima Batang Kangkung

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa (Sebelum pengolahan)	Hasil Analisa (Setelah Pengolahan)	Baku Mutu	Efektivitas Metode <i>Wetland</i>
1	PH	-	10,00	9,7	6-9	3%
2	BOD	mg/l	888	883	150	0,56%
3	COD	mg/l	2.883	2.880	300	0,10%
4	TSS	mg/l	47	45	100	4,2%

Berdasarkan Tabel 4.2 hasil penelitian dalam pengolahan lindi menggunakan metode *Wetland* dengan menggunakan lima buah kangkung yang kemudian hasilnya dibawa ke laboratorium untuk diujikan parameternya yaitu pH, BOD, COD, dan TTS. Setelah didapat hasil dari empat parameter tersebut lalu dilakukan pengujian efektivitas dengan menggunakan *Wetland*.

#### 4.2.2 Pengolahan Lindi dengan Metode *Wetland* Menggunakan Tujuh Batang Kangkung

Berikut penurunan nilai parameter pH, BOD, COD, dan TTS pada Pengolahan Lindi dengan Menggunakan Tujuh Batang Kangkung dapat dilihat pada Tabel 4.3.

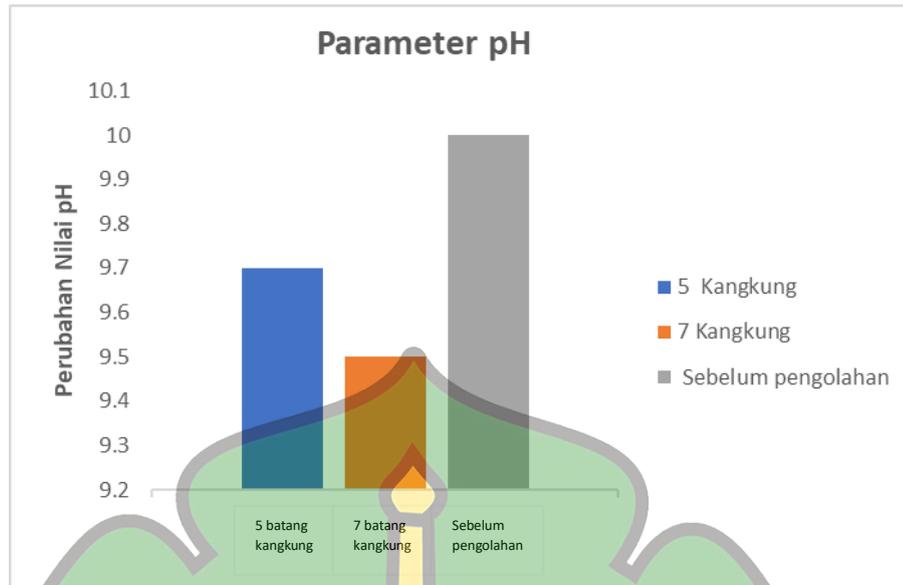
**Tabel 4.3** Hasil Pengolahan Lindi dengan Tujuh Batang Kangkung

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa (Sebelum pengolahan)	Hasil Analisa (Setelah Pengolahan)	Baku Mutu	Efektivitas Metode <i>Wetland</i>
1	PH	-	10,00	9,5	6-9	5%
2	BOD	mg/l	888	800	150	9,9%
3	COD	mg/l	2.883	2.828	300	1,90%
4	TSS	mg/l	47	39	100	17,02%

Berdasarkan Tabel 4.3 hasil penelitian dalam pengelolaan lindi menggunakan metode *Wetland* dengan menggunakan tujuh buah kangkung yang kemudian hasilnya dibawa ke laboratorium untuk diujikan parameternya yaitu pH, BOD, COD, dan TTS. Setelah didapat hasil dari empat parameter tersebut lalu dilakukan pengujian efektivitas dengan menggunakan *Wetland*.

#### 4.2.3 Parameter pH

Hasil pengolahan lindi dengan menggunakan lima batang kangkung dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan pengolahan dengan menggunakan tujuh batang kangkung dapat dilihat pada Tabel 4.3. Berikut hasil perubahan nilai pH pada metode *Wetland* menggunakan lima dan tujuh batang kangkung dapat dilihat pada Gambar 4.1.



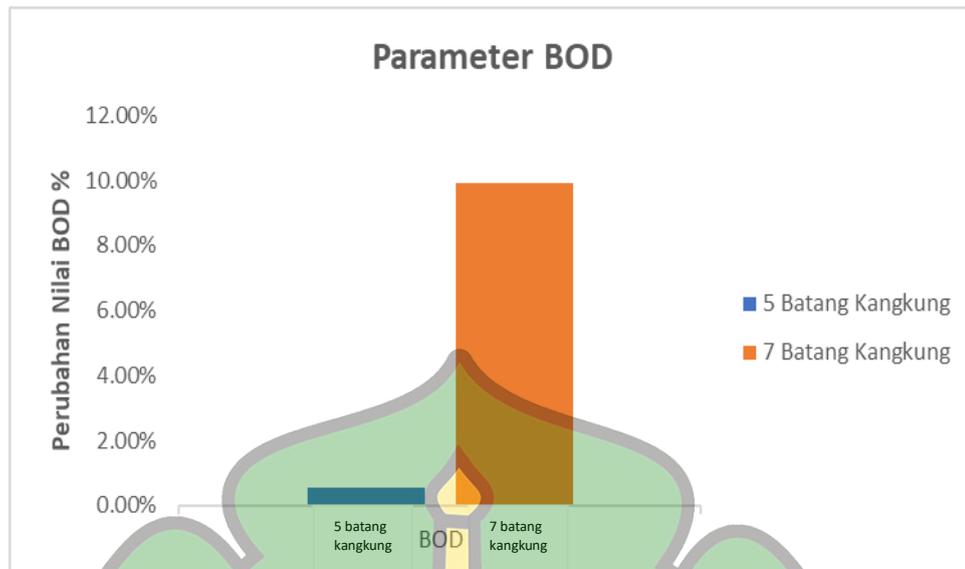
**Gambar 4.1** Perubahan Nilai pH Pada Pengolahan Lindi

Berdasarkan Gambar 4.1 kadar pH dengan menggunakan lima batang kangkung mengalami perubahan sebesar 9,7 dari nilai pH lindi sebelum menggunakan metode *Wetland* dengan nilai baku mutu sebesar 6-9 kadar pH yang tinggi menandakan bahwa lindi mengandung basa dikarenakan melebihi angka 9, sedangkan kadar pH menggunakan tujuh batang kangkung mengalami perubahan sebesar 9,5 dari nilai pH lindi sebelum menggunakan metode *Wetland* dengan nilai baku mutu 6-9 yang menandakan lindi masih tetap basa.

Oleh karena itu nilai pH masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi, akan tetapi sudah mengalami penurunan. Oleh karena itu lindi perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan atau ke badan air.

#### 4.2.4 Parameter BOD

Hasil pengolahan lindi dengan menggunakan lima batang kangkung dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan pengolahan dengan menggunakan tujuh batang kangkung dapat dilihat pada Tabel 4.3. Berikut hasil penurunan nilai BOD dan persentasi efektivitas penurunan nilai BOD dengan metode *Wetland* menggunakan lima dan tujuh batang kangkung dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



**Gambar 4.2** Penuruna Nilai BOD Pada Pengolahan Lindi



**Gambar 4.2** Efektivitas Penurunan Nilai BOD Pada Pengolahan Lindi

Berdasarkan Gambar 4.2 kadar BOD menggunakan lima batang kangkung sebesar 883 mg/l mengalami penurunan sebesar 0,56% dari nilai BOD lindi sebelum menggunakan metode *Wetland*, sedangkan nilai BOD yang dengan tujuh batang kangkung yang digunakan untuk mengolah lindi juga mengalami penurunan. Persentasi efektivitas penurunan nilai BOD dengan metode *Wetland* menggunakan tujuh batang kangkung diperoleh sebesar 800mg/l dan mengalami

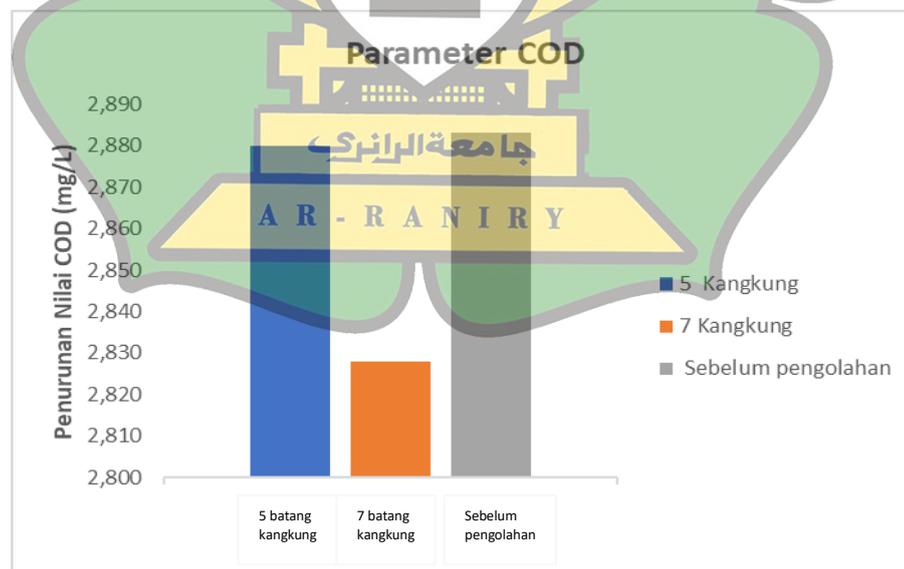
penurunan sebesar 9,9%. Nilai ini lebih baik dibandingkan dengan lima batang kangkung dengan nilai BOD sebesar 883 mg/l.

Penurunan nilai BOD terjadi dari proses fisik dan biologis. Penurunan dari proses fisik melalui proses pengendapan dan penangkapan material partikulat yang ada di media tanaman. Terjadinya penurunan ini disebabkan oleh mikroorganisme yang memiliki peranan penting dalam mengurangi bahan organik yang proses penguraiannya memerlukan oksigen (Usman dan santoso, 2014).

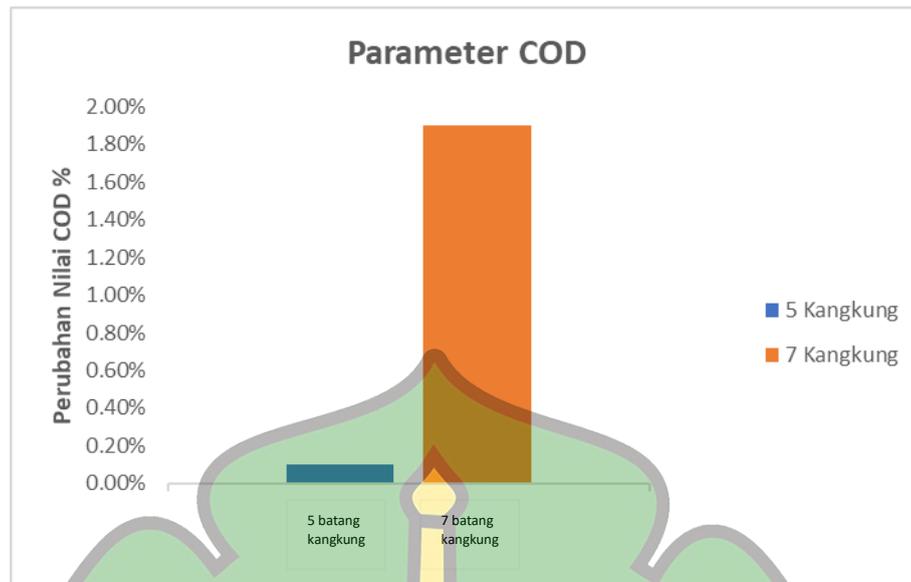
Penurunan BOD ini masih jauh dari nilai baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi, yaitu sebesar 150 mg/l. Bahan organik yang tinggi pada lindi PT. Kharisma Iskandar Muda menyebabkan nilai BOD tinggi.

#### 4.2.5 Parameter COD

Hasil pengolahan lindi dengan menggunakan lima batang kangkung dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan pengolahan dengan menggunakan tujuh batang kangkung dapat dilihat pada Tabel 4.3. Berikut hasil penurunan dan persentasi efektivitas penurunan nilai COD dengan metode *Wetland* menggunakan lima dan tujuh batang kangkung dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan 4.5.



**Gambar 4.4** Penuruna Nilai COD Pada Pengolahan Lindi



**Gambar 4.5** Efektivitas Penurunan Nilai COD Pada Pengolahan Lindi

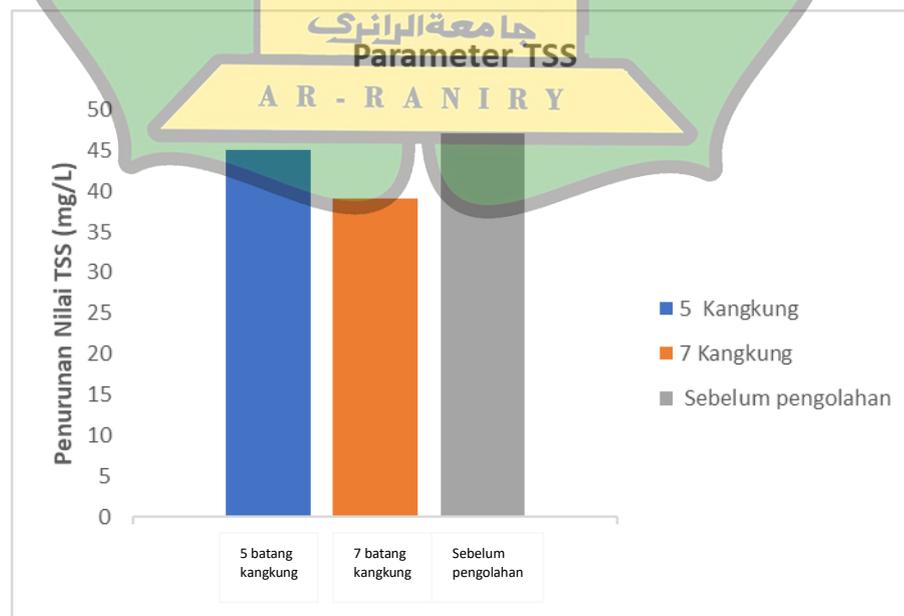
Berdasarkan Gambar 4.3, hasil penelitian nilai COD yang telah dilakukan menggunakan metode *Wetland* menggunakan lima dan tujuh batang kangkung yang digunakan untuk mengolah lindi sudah mengalami penurunan yang berbeda. Persentasi efektivitas penurunan nilai COD dengan metode *Wetland* menggunakan lima batang kangkung sebesar 2880 mg/l mengalami penurunan sebesar 0,10% dari nilai COD lindi sebelum menggunakan metode *Wetland*, nilai ini masih jauh dari baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi, yaitu sebesar 300 mg/l, hal ini disebabkan dari bahan-bahan organik pada lindi di -PT. Kharisma Iskandar Muda yang tinggi dan tercemar.

Pada metode *Wetland* menggunakan tujuh batang kangkung yang digunakan untuk mengolah lindi juga terjadi penurunan. Persentasi efektivitas penurunan nilai COD menggunakan metode *Wetland* menggunakan tujuh batang kangkung sebesar 2.828 mg/l. Nilai ini mengalami penurunan sebesar 1,90% dari kadar COD sebelum menggunakan metode *Wetland*, perubahan yang terjadi juga tidak terlalu signifikan dengan menggunakan lima batang kangkung sehingga kandungan organik pada lindi masih cukup besar dari nilai baku mutu yang menyebabkan air masih cukup tercemar.

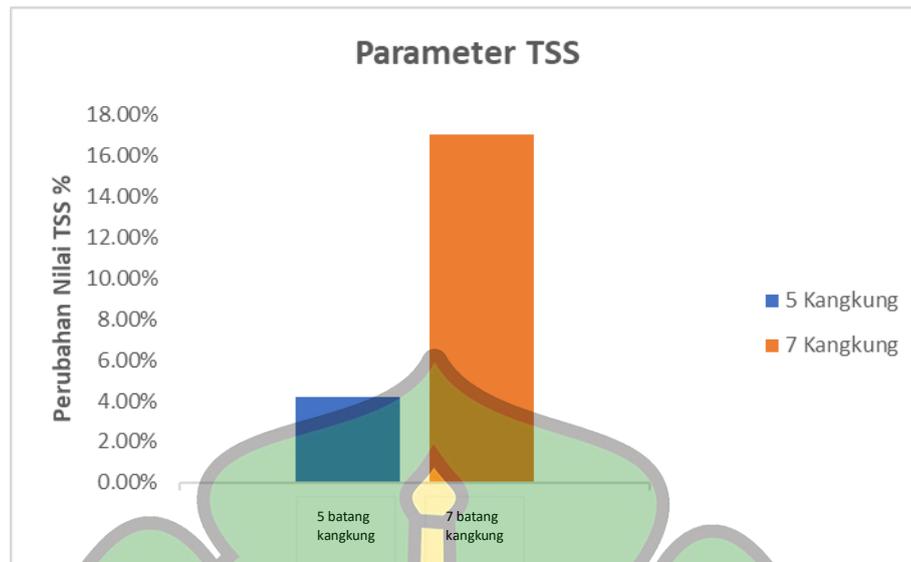
Penurunan nilai COD terjadi karena proses kimia yang dipengaruhi oleh substrat, interaksi antara tanaman dan mikroorganisme. Hal ini terjadi karena tanaman yaitu sebagai media tumbuh mikroorganisme dan menyediakan kebutuhan oksigen bagi akar dan daerah perakaran melalui proses fotosintesa yang digunakan untuk proses biologis yang terdapat di akar. Dalam hal ini tanaman memiliki kemampuan memompa udara melalui sistem akar. Dan tanaman juga merupakan komponen penting dalam proses transformasi *nutrient* yang berlangsung secara fisik dan kimia mendukung proses pengendapan terhadap partikel tersuspensi (Erwin, dkk., 2017). Pada metode *Wetland* nilai COD terjadi penurunan disebabkan karena adanya kerjasama antara tanaman kangkung dengan mikroorganisme yang ada disekitar akar tanaman. Oksigen dari hasil fotosintesis yang dilakukan tanaman kangkung dipakai oleh mikroorganisme untuk mengurai bahan organik, dan hasil dari penguraian bahan organik tersebut kemudian akan diserap oleh akar tanaman kangkung.

#### 4.2.6 Parameter TSS

Hasil pengolahan lindi dengan menggunakan lima batang kangkung dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan pengolahan dengan menggunakan tujuh batang kangkung dapat dilihat pada Tabel 4.3. Berikut hasil penurunan dan persentasi efektivitas penurunan nilai TSS dengan metode *Wetland* menggunakan lima dan tujuh batang kangkung dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan 4.7.



**Gambar 4.6** Penuruna Nilai TSS Pada Pengolahan Lindi



**Gambar 4.7** Efektivitas Penurunan Nilai TSS Pada Pengolahan Lindi

Berdasarkan hasil penelitian, nilai TSS yang telah dilakukan menggunakan metode *Wetland* menggunakan lima dan tujuh batang kangkung yang digunakan untuk mengolah lindi mampu menurunkan nilai TSS pada lindi. Berdasarkan Gambar 4.1 Kadar TSS setelah menggunakan metode *Wetland* menggunakan 5 batang kangkung sebesar 45. Nilai ini sudah memenuhi baku mutu yaitu baku mutunya sebesar 100 mg/l. Penggunaan lima batang kangkung mengalami penurunan sebesar 4,20% dari nilai TSS lindi dengan metode *Wetland* menggunakan lima batang kangkung, hal ini menandakan bahwa lindi tidak terlalu keruh.

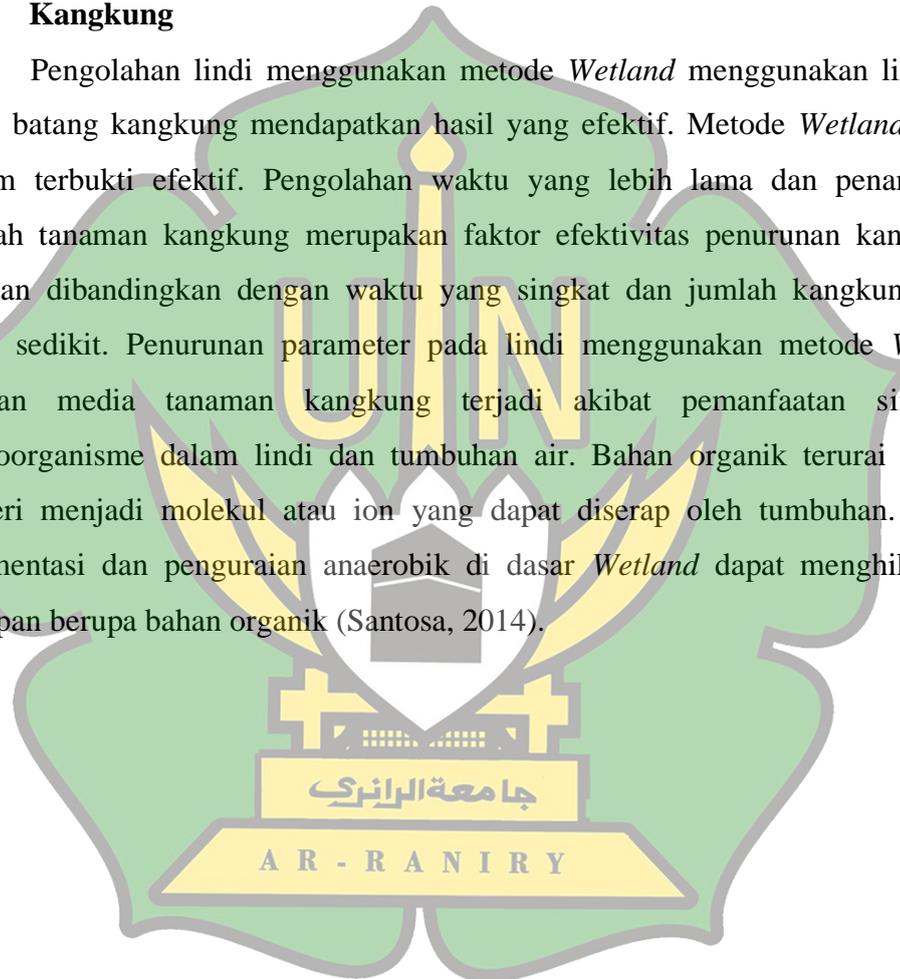
Parameter TSS yang telah dilakukan menggunakan metode *Wetland* menggunakan tujuh batang kangkung yang digunakan untuk mengolah lindi juga mengalami penurunan. Kadar TSS menggunakan tujuh batang kangkung diperoleh sebesar 39 mg/l, TSS mengalami penurunan sebesar 17,02% sebelum menggunakan metode *Wetland*, nilai ini mengalami penurunan juga jika dibandingkan dengan lima batang kangkung yang menyebabkan air tidak terlalu keruh.

Penurunan parameter pada lindi menggunakan metode *Wetland* dengan media tanaman kangkung terjadi akibat pemanfaatan simbiosis mikroorganisme dalam tanah dan tumbuhan air. Bahan organik terurai melalui bakteri menjadi molekul atau ion yang dapat diserap oleh tumbuhan. Proses sedimentasi dan

penguraian anaerobik di dasar *Wetland* dapat menghilangkan endapan berupa bahan organik (Santosa, 2014). Pengolahan lindi menggunakan metode *Wetland* menggunakan lima dan tujuh batang kangkung sudah efektif untuk parameter pH, BOD, COD dan TSS.

#### **4.3 Pengolahan Lindi Menggunakan Lima Batang dan Tujuh Batang Kangkung**

Pengolahan lindi menggunakan metode *Wetland* menggunakan lima dan tujuh batang kangkung mendapatkan hasil yang efektif. Metode *Wetland* secara umum terbukti efektif. Pengolahan waktu yang lebih lama dan penambahan jumlah tanaman kangkung merupakan faktor efektivitas penurunan kandungan polutan dibandingkan dengan waktu yang singkat dan jumlah kangkung yang lebih sedikit. Penurunan parameter pada lindi menggunakan metode *Wetland* dengan media tanaman kangkung terjadi akibat pemanfaatan simbiosis mikroorganisme dalam lindi dan tumbuhan air. Bahan organik terurai melalui bakteri menjadi molekul atau ion yang dapat diserap oleh tumbuhan. Proses sedimentasi dan penguraian anaerobik di dasar *Wetland* dapat menghilangkan endapan berupa bahan organik (Santosa, 2014).



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengolahan lindi tandan kosong kelapa sawit dengan metode *Wetland* pada PT. Kharisma Iskandar Muda Nagan Raya menggunakan lima dan tujuh batang kangkung didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan lima dan tujuh batang kangkung pada pengolahan lindi menggunakan metode *Wetland* mempengaruhi kualitas lindi dan mengalami penurunan yang berbeda pada tiap parameter yang diuji. Meskipun masih ada yang belum memenuhi standar baku mutu, namun sudah mulai mengalami penurunan.
2. Pengolahan lindi menggunakan metode *Wetland* dengan lima batang kangkung terjadi penurunan pada parameter pH sebesar 3%, parameter BOD sebesar 6,19%, parameter COD mengalami penurunan sebesar 0,10% dan parameter TSS mengalami penurunan sebesar 4,20%. Sedangkan pada pengolahan lindi menggunakan metode *Wetland* dengan tujuh batang kangkung terjadi penurunan pada parameter pH sebesar 5%, parameter BOD sebesar 9,9%. parameter COD mengalami penurunan sebesar 1,90% dan parameter TSS mengalami penurunan sebesar 17,02%.

#### 5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah dilakukannya penelitian lanjutan dengan menambah banyaknya kangkung untuk menghasilkan perubahan yang lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- A, F. (2007). Pemanfaatan Zeolit Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan BOD dan COD Pada Limbah Cair Industri Tahu. *Journal of Chemistry*, 107-193. Yogyakarta.
- Akinbile. (2012). Lanfill leachate treatment using sub-surface flow Wetland by cyperus haspan. *Waste Management*, 2-4.
- Destyorini, F dan Indayaningsih, N (2018). Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Kertas Karbon. *Journal of Technical Engineering: Piston*, 1(2), 7-12.
- Elystia S, Sasmita A, Purwanti. (2014). Pengolahan Kandungan COD Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit oleh Typha Latifolia dengan Metode Fotoremediasi. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 11(2), 88-95.
- EPA. (1997). Paraquate Dichloride. Environmental Protection Agency Office of Pesticide Programs Special Review and Registration Division. United States Environmental Protection Agency Washington DC.
- Erwin, E., Joko, T., dan D, H. L. (2017). Efektivitas *Wetlands* Tipe Subsurface Flow System Dengan Menggunakan Tanaman *Cyperus Rotundus* Untuk Menurunkan Kadar Fosfat dan COD Pada Limbah Cair Laundry. . *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 5(1), 444-449.
- Fachrurrozi, M., Utami, L. B., & Suryani, D. (2010). Pengaruh Variasi Variasi Biomassa *Pistia Stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar Bod, Cod, Dan Tss Limbah Cair Tahu Di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Kes Mas UAD*, 4(1), 1-16.
- Fatha, A. (2007). Pemanfaatan Zeolit Aktif Untuk Menurunkan BOD dan COD Limbah Cair Tahu. *Chemistry of Journal*, 107-193. Yogyakarta.
- Fitriana, A. S., Royani, S., Putri, A. E., & Zufrialdi, H. (2021). Kajian Cod Dan Bod Dalam Air Di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (Tpa) Sampah Kaliori Kabupaten Banyum.
- ITRC. (2001). Technical and regulatory guidance document, phytotechnology. Interstate Technology Regulatory Council USA.

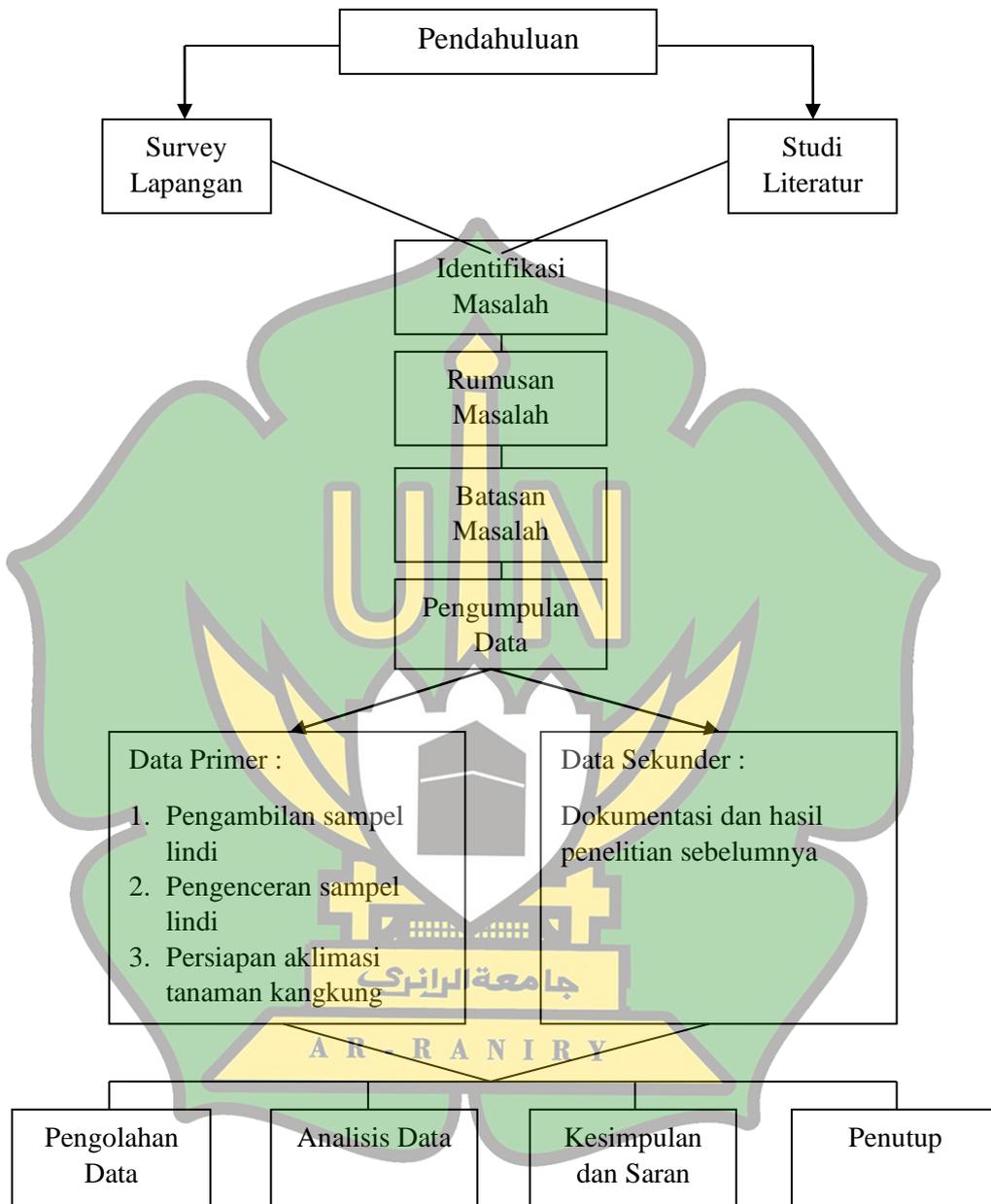
- Kumalasari, N. (2005). Penurunan Konsentrasi Bod, Cod, Tss Dan Cn Limbah Cair Tapioka Dengan *Wetlands* Menggunakan Tanaman Kangkung Air ( *Ipomoea Aquatica* ) . In N. Kumalasari, *Tugas Akhir* (Pp. 14-33). Jogjakarta: Ftsp Uui.
- Larasati, A. I., Susanawati, L. D., & Suharto, B. (2015). Efektivitas Adsorpsi Logam Berat Pada Lindi Menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit, Dan Silika Gel Di Tpa Tlekung, Batu. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 44-48.Yogyakarta.
- Ningrum, S. O. (2018). Analisis Kualitas Badan Air dan Kualitas Air Sumur Di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 1-12.
- Nurjannah, S., Zaman, B., dan Syakur, A. (2017). Penyisihan BOD dan COD Limbah Cair Industri Karet dengan Sistem Biofilter Aerob dan Plasma Dielectric Barrier Dischare (DBD). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1),1-14.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016. *Tentang Baku Mutu Lindi/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah*.
- Pinem, J. A., Ginting, M. S., & Paratenta, M. (2014). Pengolahan Lindi TPA Muara Fajar dengan Ultrafiltrasi. *Jurnal Teknobiologi*, 43– 46.Yogyakarta.
- Rahmawati,A.A., dan Azizah, R. (2005). Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Coliform Pada Air Limbah Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* , 2(1), 97-111.
- Ramadhani, J. (2019). Pengolahan Lindi Menggunakan Metode *Wetland* di TPA Sampah Tanjungrejo, Desa Tanjungrejo, Kecamatan Jekulo, Kabupaten Kudus. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumian ISSN 2460-691X*, 1, 1-8.Semarang.
- Rinawati., Hidayat, Dt.,Suprianto, R., Dewi, P. (2016) Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid Dan Total Suspended Solid) Di Perairan Teluk Lampung. *Analytical and Environmental Chemistry*. 1(1), 36-45.
- Rnady, R., Samsunar, S., dan Utami, M. (2021). Analisis Suhu , Derajat Keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Biologychal Oxygen Demand (BOD) dalam Air Limbah Domestik di Dinas

- Lingkungan Hidup Sukoharjo. *Indonesian Journal Of Chemical Research*, 6(2), 12-22.
- Royani, S. (2021). Kajian Cod Dan Bod Dalam Air Di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Kaliori Kabupaten Banyumas. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 13, 40-49. Banyumas.
- Saleh, C., dan Purnomo, H. (2014). Analisis Efektivitas Instalasi Pengolahan Limbah Lindi di TPA Supit Urang Kota Malang. *Jurnal Teknik Pengairan*, 5(1). 103-109.
- Sari, R. N. (2017). Karakteristik Lindi (Leachate) di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang. *Jurnal Fisika Unand*, 6, 93-98. Padang.
- Seregeg. (1995). Efektivitas Bioremediasi Lima Jenis Tanaman Terhadap Kandungan Logam Berat Dalam Air. *Journal Article Litbangkes*, V, 18-27.
- Setiarini. (2013). Penurunan COD dan BOD Pada Air Limbah Katering Menggunakan Konstruksi Subsurface-Flow Wetland dan Biofilter Dengan Tumbuhan Kana (*Canna Indica*). *Tugas Akhir*, 14-15.
- Siswoyo. (2002). Pengolahan Air Buangan Domestik Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (*Typha Angustifolia*) Dalam Sistem Wetlands. *Teknik Lingkungan dan PPLH-UUI*, 20-30.
- SNI 6989.11. (2019). Air dan Air Limbah – Bagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman (pH) Menggunakan pH Meter. *Badan Stanndarisasi Nasional*.
- SNI 6989.2. (2009). Air dan Air Limbah – Bagian 2: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD). *Badan Stanndarisasi Nasional*.
- SNI 6989.3. (2009). Air dan air limbah – Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solids, TSS) Secara Gravimetri. *Badan Stanndarisasi Nasional*.
- SNI 6989.72. (2009). Air dan Air Limbah – Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD). *Badan Stanndarisasi Nasional*.
- Sunarsih, E. (2014). Konsep Pengolahan Limbah Rumah Tangga Dalam Upaya Pencegahan Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 5(1); 162-167.

- Suprihatin. (2014). Penurunan Konstraksi BOD Limbah Domestik Menggunakan Sistem Wetland dengan Tanaman Hias Bintang Air (*Cyperus alternifolius*). *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 11-13.
- Suratman, Priyanto D dan Setyawan AD. (2000). Analisa Keragaman Genus Ipomoea Berdasarkan Karakteristik Morfologi. *Biodiversitas*, 1(2): 8-16.
- Syahputra, A. (2004). *Penurunan Konsentrasi BOD5, COD, TSS dan TN Limbah Cair Domestik dengan Wetlands Menggunakan Tanaman Padi ( Oriza Sativa L ) IR*. Yogyakarta: FTSP - UII.
- Thomas. (1989). *Pulp and Paper Manufacture Third Edition (Vol. 5): The Joint Text Book Comitte of The Paper Industri*.USA.
- Tsai, Y. d. (2011). Studi Literatur Pengolahan Lindi Tempat Pemrosesan Akhir samoah. *ITS Repository*, 65-70.
- Usman, S., & Santosa, I. (2014). Pengolahan Air Limbah Sampah (Lindi) Dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Menggunakan Metoda *Wetland*. *Jurnal Kesehatan*, 98-107. Bandung.
- Verma. (2015). Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Enceng Gondok (*Einchornia Crassipes*) Untuk Menurunkan COD dan Kandungan Cu dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik. *Cakra Kimia*, 22-26.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Gambar Diagram Alur Penelitian



## Lampiran 2. Lampiran Hasil Uji Awal



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: 351/JTK-USK/LTPKL/2022

Nama Pelanggan : Dina Fadilla Sari  
 Alamat Pelanggan : Baet-Aceh Besar  
 Tanggal di Terima : 14 Juli 2022  
 Jenis Contoh Uji : Limbah Lindi  
 Kode Contoh Uji : Uji Pendahuluan  
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa  
 Tanggal di Analisa : 14 Juli 2022-23 Juli 2022  
 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.	pH	mg/l	6-9	10,00	
2.	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)	mg/l	300	2.883	
3.	Kebutuhan Oksigen Biokimiawi (BOD)	mg/l	150	888	
4.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	100	47	

Darussalam, 1 Agustus 2022  
 Ketua,

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

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

### Lampiran 3. Hasil Uji Lima Batang Kangkung



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

#### LEMBAR HASIL UJI Nomor: 351/JTK-USK/LTPKL/2022

Nama Pelanggan : Dina Fadilla Sari  
 Alamat Pelanggan : Baet-Aceh Besar  
 Tanggal di Terima : 21 Juli 2022  
 Jenis Contoh Uji : Limbah Lindi  
 Kode Contoh Uji : Uji Hasil A  
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa  
 Tanggal di Analisa : 21 Juli 2022–30 Juli 2022  
 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.	pH	mg/l	6–9	9,7	
2.	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)	mg/l	300	2.880	
3.	Kebutuhan Oksigen Biokimiawi (BOD)	mg/l	150	883	
4.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	100	45	

Darussalam, 1 Agustus 2022  
 Ketua,

  
 Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.  
 NIP: 19691210 199802 1001

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

## Lampiran 4. Hasil Uji Tujuh Batang Kangkung



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

### LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 351/JTK-USK/LTPKL/2022

Nama Pelanggan : Dina Fadilla Sari  
Alamat Pelanggan : Baet-Aceh Besar  
Tanggal di Terima : 21 Juli 2022  
Jenis Contoh Uji : Limbah Lindi  
Kode Contoh Uji : Uji Hasil B  
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa  
Tanggal di Analisa : 21 Juli 2022-30 Juli 2022  
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.	pH	mg/l	6-9	9,5	
2.	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)	mg/l	300	2.828	
3.	Kebutuhan Oksigen Biokimiawi (BOD)	mg/l	150	800	
4.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	100	39	

Darussalam, 1 Agustus 2022  
Ketua,

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

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

**Lampiran 6. Perhitungan efektivitas Lindi dengan Metode  
Wetland Menggunakan Lima Batang Kangkung**

- a. Kadar pH mengalami penurunan sebesar :

$$\frac{10,0-9,7}{10} \times 100\%$$

$$= 3\%$$

- b. Kadar BOD mengalami penurunan sebesar :

$$\frac{888-833}{888} \times 100\%$$

$$= 0,56\%$$

- c. Kadar COD mengalami penurunan sebesar :

$$\frac{2.883-2.880}{2.883} \times 100\%$$

$$= 0,10\%$$

- d. Kadar TSS mengalami penurunan sebesar :

$$\frac{47-45}{47} \times 100\%$$

$$= 4,2\%$$

**Lampiran 7. Perhitungan efektivitas Lindi dengan Metod  
Wetland Menggunakan Lima Batang Kangkung**

- a. Kadar pH mengalami penurunan sebesar :

$$\frac{10,0-9,5}{10,0} \times 100\%$$

$$= 5\%$$

- b. Kadar BOD mengalami penurunan sebesar :

$$\frac{888-800}{888} \times 100\%$$

$$= 9,9\%$$

- c. Kadar COD mengalami penurunan sebesar :

$$\frac{2.883-2.828}{2.883} \times 100\%$$

$$= 1,9\%$$

- d. Kadar TSS mengalami penurunan sebesar :

$$\frac{47-39}{47} \times 100\%$$

$$= 17,02\%$$

## Lampiran 8. Dokumentasi

GAMBAR	KETERANGAN
	<p>Proses pengambilan tanaman kangkung air</p>
	<p>Proses pengambilan sampel lindi di PT. Kharisma Iskandar Muda</p>

	<p>Proses pemantauan tumbuhan kangkung setelah dipindahkan kedalam sampel limbah lindi pada hari pertama dan hari kedua</p>
	<p>Proses pemantauan tumbuhan kangkung setelah dipindahkan kedalam sampel limbah lindi pada hari ke tiga dan ke empat</p>
	
	

	<p>Proses pemantauan tumbuhan kangkung setelah dipindahkan kedalam sampel limbah lindi pada hari ke lima dan ke enam</p>
	<p>Proses pemantauan tumbuhan kangkung setelah dipindahkan kedalam sampel limbah lindi pada hari ke tujuh</p>