

**FITOREMEDIASI LIMBAH PENATU DENGAN TANAMAN  
SAWI (*Brassica juncea* dan *Brassica rapa*) MENGGUNAKAN  
SISTEM HIDROPONIK *Deep Flow Technique* (DFT)**

**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:  
Yesi Monica  
NIM. 170702027  
Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
DARUSSALAM - BANDA ACEH  
2021 M/1442 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**FITOREMEDIASI LIMBAH PENATU DENGAN TANAMAN SAWI  
(*Brassica juncea* dan *Brassica rapa*) MENGGUNAKAN SISTEM  
HIDROPONIK *Deep Flow Technique* (DFT)**

**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:

**YESI MONICA**

**NIM. 170702027**

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

Banda Aceh, 22 Juli 2021

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.

NIDN. 2013128901

Husnawati Yahya, M.Sc.

NIDN. 2009118301

Mengetahui,

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

(Dr. Eng. Nur Aida, M.Si)

NIDN. 2016067801

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI TUGAS AKHIR

**FITOREMEDIASI LIMBAH PENATU DENGAN TANAMAN SAWI  
(*Brassica juncea* dan *Brassica rapa*) MENGGUNAKAN SISTEM  
HIDROPONIK *Deep Flow Technique* (DFT)**

**TUGAS AKHIR**

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir  
Fakultas 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: Senin, 02 Agustus 2021  
23 Zulhijjah 1442 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.  
NIDN. 2013128901

Husnawati Yahya, M.Sc.  
NIDN. 2009118301

Penguji I,

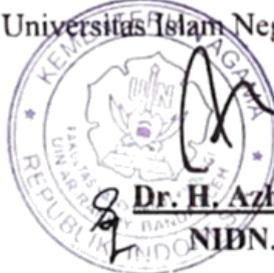
Penguji II,

Rizna Rahmi, M.Sc.  
NIDN. 2024108402

Aulia Rohendi, M.Sc.  
NIDN. 2010048202

Mengetahui,

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



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

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yesi Monica  
NIM : 170702027  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh  
Judul Skripsi : Fitoremediasi Limbah Penatu Dengan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* dan *Brassica rapa*) Menggunakan Sistem Hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini, saya:

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

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

Banda Aceh, 22 Juli 2021

Yang menyatakan,

  
Yesi Monica  
NIM. 170702027

## ABSTRAK

Nama : Yesi Monica  
NIM : 170702027  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Fitoremediasi Limbah Penatu Dengan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* dan *Brassica rapa*) Menggunakan Sistem Hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT)  
Tanggal Sidang : 2 Agustus 2021  
Jumlah Halaman : 97  
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.  
Pembimbing II : Husnawati Yahya, M.Sc.  
Kata Kunci : Fitoremediasi, limbah penatu, *Brassica juncea*, *Brassica rapa*, Hidroponik DFT

Limbah penatu merupakan limbah yang sering dibuang ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu yang nantinya berpotensi menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas tanaman sawi (*Brassica juncea* dan *Brassica rapa*) dalam menurunkan kadar COD, TSS, TDS, kekeruhan, fosfat, meningkatkan DO, dan menetralkan pH dalam limbah penatu menggunakan sistem *Deep flow Technique* (DFT). Eksperimen dilakukan dengan kedua jenis perlakuan (jenis tanaman berbeda) selama 6 hari dengan masing-masing rangkaian terdapat 20 tanaman. Efektivitas tanaman *B. juncea* dalam menyisihkan parameter COD adalah 94,1%, TSS adalah 84,8%, TDS adalah 69,4%, kekeruhan adalah 92,5%, fosfat adalah 95,0%, meningkatkan DO dalam interval 6,2 mg/L – 7,8 mg/L, dan mengubah nilai pH dari 8,0 – 7,1. Sedangkan tanaman *B. rapa* dalam menyisihkan parameter COD adalah 88,2%, TSS adalah 80,3%, TDS adalah 65,3%, kekeruhan adalah 91,9%, fosfat adalah 88,9%, meningkatkan DO dalam interval 6,0 mg/L – 7,6 mg/L, dan mengubah nilai pH dalam interval 8,2 – 7,2. Dari data yang telah disajikan maka dapat dilihat bahwa kedua tanaman sawi (*B. juncea* dan *B. rapa*) mampu dan efektif dalam menurunkan kadar parameter zat pencemar yang terdapat dalam limbah penatu.

## ABSTRACT

Name : Yesi Monica  
NIM : 170702027  
Number :  
Department : *Environmental Engineering*  
Title : *Phytoremediation of Laundry Waste with Mustard Plants (Brassica juncea and Brassica rapa) Using a Deep Flow Technique (DFT) Hydroponic System*  
Date of Session : *2 August 2021*  
Number of pages : 97  
Advisor I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.  
Advisor II : Husnawati Yahya, M.Sc  
Keywords : *Phytoremediation, laundry waste, Brassica juncea, Brassica rapa, DFT hydroponics.*

*Laundry waste is waste that is often disposed of into the environment without prior treatment which has the potential to cause environmental pollution. This study aims to determine the effectiveness of mustard plants (Brassica juncea and Brassica rapa) in reducing COD, TSS, TDS, turbidity, phosphate levels, increasing DO, and neutralizing pH in laundry waste using the Deep flow Technique (DFT) system. Experiments were carried out with both types of treatment (different types of plants) for 6 days with 20 plants in each series. The effectiveness of B. juncea in removing COD parameters was 94.1%, TSS was 84.8%, TDS was 69.4%, turbidity was 92.5%, phosphate was 95.0%, increased DO in 6.2 intervals. mg/L – 7.8 mg/L, and change the pH value from 8.0 – 7.1. Meanwhile, B. rapa in removing COD parameters was 88.2%, TSS was 80.3%, TDS was 65.3%, turbidity was 91.9%, phosphate was 88.9%, increased DO in 6.0 intervals. mg/L – 7.6 mg/L, and change the pH value in the interval from 8.2 – 7.2. From the data presented, it can be seen that the two mustard plants (B. juncea and B. rapa) are capable and effective in reducing the levels of pollutant parameters contained in laundry waste.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur selalu tersampaikan kepada Allah SWT yang telah memberikan semua karunianya dan perlindungannya, serta nikmat yang telah diberikan, baik itu nikmat keteguhan iman dan kesempurnaan Islam. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, yang telah menerangi seluruh alam dengan cahaya ilmunya. Tak lupa juga shalawat dan salam kepada keluarga, sahabat serta ulama penerus langkahnya, baik ulama terdahulu maupun ulama yang masih membimbing umat manusia hingga sekarang.

Alhamdulillah, dengan segala kerendahan hati Tugas Akhir dengan judul “Fitoremediasi Limbah Penatu Dengan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* dan *Brassica rapa*) Menggunakan Sistem Hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT)” telah penulis selesaikan. Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan pengetahuan dan wawasan baru yang sangat berharga dengan adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayahanda IPTU Suheri dan ibunda Suryani, S.E. yang telah memberikan dukungan serta motivasi demi keberhasilan di masa depan.
2. Dr. Azhar Amsal, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si selaku ketua Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan tugas akhir ini.
5. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing II, PA dan Koordinator Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
6. Ibu Rizna Rahmi, M.Sc. selaku penguji I dalam sidang Tugas Akhir
7. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc. selaku penguji II dalam sidang Tugas Akhir

8. Bapak Arief Rahman., M.T., selaku Ketua Laboratorium Multifungsi Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
9. Bapak Edi Munawar, S.T., M.Eng., selaku Ketua Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan, USK.
10. Bapak Bustami S.P. selaku Guru yang telah membantu dalam proses penelitian.
11. Seluruh dosen di Program Studi Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh yang telah memberikan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.
12. Ibu Idariani yang telah banyak membantu dalam proses administrasi.
13. Ibu Nurul Huda S.Pd. yang telah banyak membantu penelitian dan administrasi.
14. Keluarga yang telah banyak membantu penulis dalam melakukan penelitian.
15. Dan seluruh teman-teman yang sudah mendukung dan membantu selama pembuatan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini dan masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun dari para pembaca agar kedepannya penulis bisa menulis dengan lebih baik lagi. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya

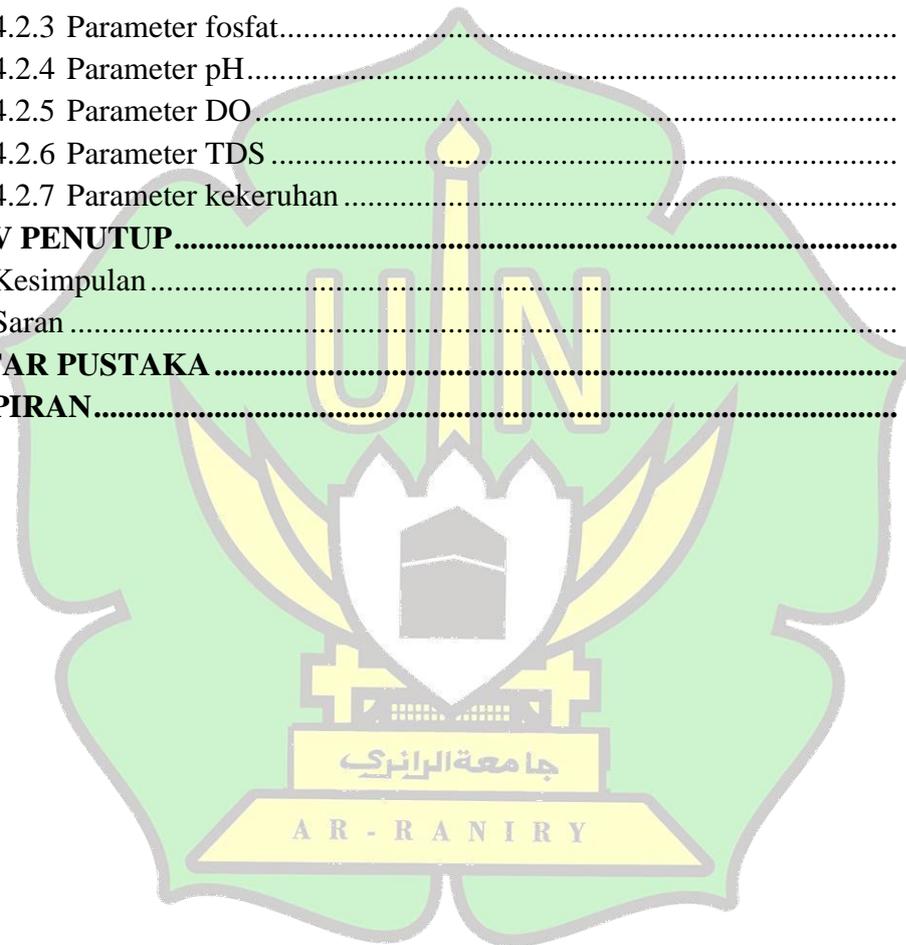
Banda Aceh, 22 Juli 2021  
Penulis,

Yesi Monica

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</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>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Limbah Cair Penatu.....	6
2.2 Fitoremediasi .....	8
2.3 Tanaman <i>Brassica juncea</i> .....	9
2.4 Tanaman <i>Brassica rapa</i> .....	13
2.5 Hidroponik.....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Tahapan Umum .....	17
3.2 Sampel dan Bahan .....	19
3.2.1 Teknik pengambilan sampel.....	19
3.2.2 Waktu dan tempat penelitian.....	20
3.2.3 Lokasi pengujian sampel.....	21
3.2.4 Bahan.....	22
3.3 Metode Penelitian .....	25
3.3.1 Tahap persiapan.....	25
3.3.2 Prosedur eksperimen .....	27
3.3.3 Proses pengujian COD (SNI 6989.73.2009) .....	28
3.3.4 Proses pengujian TSS (SNI 06.6989.3.2004).....	31
3.3.5 Proses pengujian pH (SNI 06.6989.11.2004).....	32
3.3.6 Proses pengujian fosfat (SNI 06.6989.31.2005) .....	32
3.3.7 Proses pengujian DO (SNI 06.6989.14.2004).....	34
3.3.8 Proses pengujian TDS (SNI. 06.6989.27.2005).....	34

3.3.9 Proses pengujian DHL (SNI. 06.6989.1.2019) .....	34
3.3.10 Proses pengujian kekeruhan (SNI. 06.6989.25.2005) .....	35
3.4 Perhitungan Efektivitas Penurunan Pencemar .....	35
3.5 Analisis Data .....	35
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
4.1 Hasil .....	36
4.2 Pembahasan .....	39
4.2.1 Parameter COD .....	39
4.2.2 Parameter TSS .....	41
4.2.3 Parameter fosfat .....	44
4.2.4 Parameter pH .....	48
4.2.5 Parameter DO .....	50
4.2.6 Parameter TDS .....	52
4.2.7 Parameter kekeruhan .....	55
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>59</b>
5.1 Kesimpulan .....	59
5.2 Saran .....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>60</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>70</b>



## DAFTAR GAMBAR

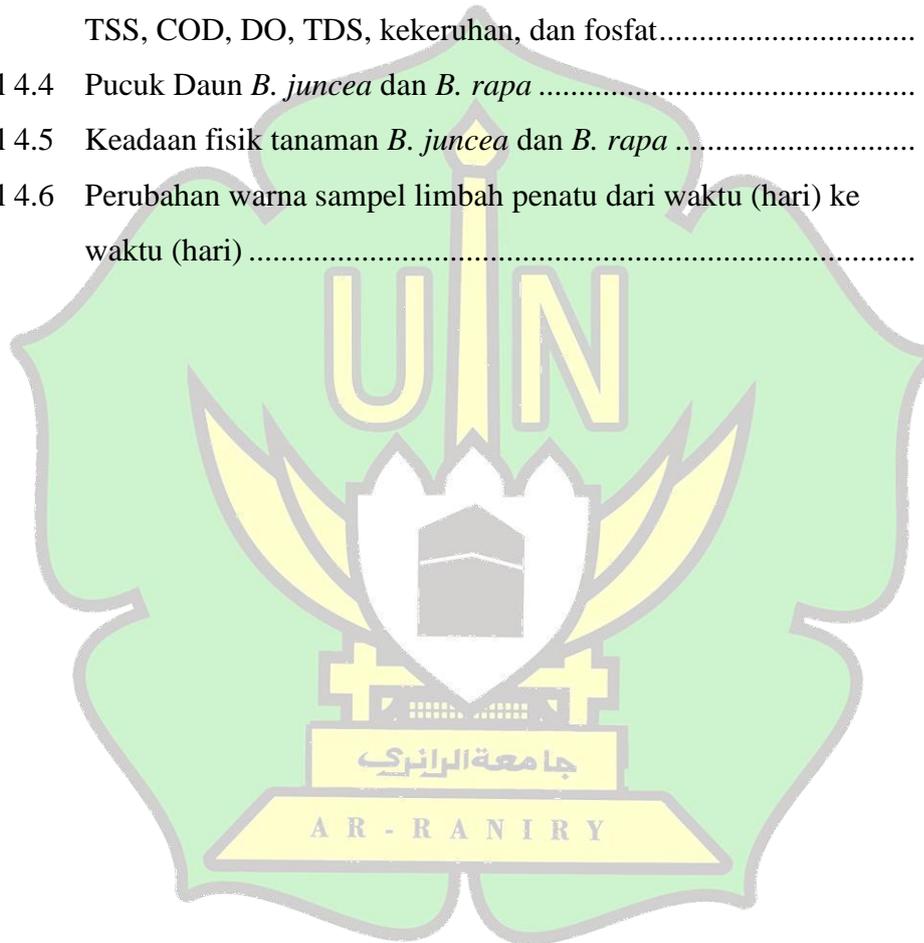
	<b>HALAMAN</b>
Gambar 2.1 Tanaman <i>Brassica juncea</i> .....	10
Gambar 2.2 Tanaman <i>Brassica rapa</i> .....	13
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 3.2 Sampel limbah penatu dan pengambilan sampel .....	20
Gambar 3.3 Peta lokasi pengambilan sampel .....	21
Gambar 3.4 Rangkaian hidroponik DFT.....	26
Gambar 3.5 Aklimatisasi tanaman .....	27
Gambar 4.1 Grafik penurunan COD (mg/L) terhadap waktu (hari) .....	39
Gambar 4.2 Grafik persentase penurunan COD (mg/L) terhadap waktu (hari).....	40
Gambar 4.3 Grafik penurunan TSS (mg/L) terhadap waktu (hari) .....	42
Gambar 4.4 Grafik persentase penurunan TSS (mg/L) terhadap waktu (hari) .....	42
Gambar 4.5 Grafik penurunan fosfat (mg/L) terhadap waktu (hari).....	45
Gambar 4.6 Grafik persentase penurunan fosfat (mg/L) terhadap waktu (hari) .....	45
Gambar 4.7 Grafik penurunan pH terhadap waktu (hari).....	49
Gambar 4.8 Grafik peningkatan DO (mg/L) terhadap waktu (hari).....	50
Gambar 4.9 Grafik penurunan TDS (mg/L) terhadap waktu (hari) .....	52
Gambar 4.10 Grafik persentase penurunan TDS (mg/L) terhadap waktu (hari) .....	52
Gambar 4.11 Grafik penurunan DHL (mS/cm) terhadap waktu (hari).....	55
Gambar 4.12 Grafik penurunan kekeruhan (NTU) terhadap waktu (hari).....	56
Gambar 4.13 Grafik persentase penurunan kekeruhan (NTU) terhadap waktu (hari) .....	56

## DAFTAR TABEL

### HALAMAN

Tabel 2.1	Baku mutu air limbah bagi usaha industri sabun, dan detergen .....	7
Tabel 2.2	Baku mutu air limbah.....	8
Tabel 2.3	Klasifikasi tanaman <i>Brassica juncea</i> .....	10
Tabel 2.4	Studi literatur mengenai fitoremediasi tanaman <i>B. juncea</i> .....	11
Tabel 2.5	Klasifikasi tanaman <i>Brassica rapa</i> .....	14
Tabel 2.6	Studi literatur mengenai fitoremediasi tanaman <i>B. rapa</i> .....	16
Tabel 3.1	Hasil uji pendahuluan limbah penatu .....	20
Tabel 3.2	Lokasi pengujian sampel.....	21
Tabel 3.3	Bahan yang digunakan dalam proses eksperimen.....	22
Tabel 3.4	Bahan yang digunakan dalam pengujian sampel COD (SNI 6989.73.2009).....	22
Tabel 3.5	Bahan yang digunakan dalam pengujian sampel TSS (SNI 06.6989.3.2004).....	23
Tabel 3.6	Bahan yang digunakan dalam pengujian sampel pH (SNI 06.6989.11.2004).....	23
Tabel 3.7	Bahan yang digunakan dalam pengujian sampel fosfat (SNI 06.6989.31.2005).....	24
Tabel 3.8	Bahan yang digunakan dalam pengujian sampel DO (SNI 06.6989.14.2004).....	24
Tabel 3.9	Bahan yang digunakan dalam pengujian sampel TDS (SNI. 06.6989.27.2005).....	24
Tabel 3.10	Bahan yang digunakan dalam pengujian sampel DHL (SNI. 06.6989.1.2019).....	24
Tabel 3.11	Bahan yang digunakan dalam pengujian sampel kekeruhan (SNI. 06.6989.25.2005).....	25
Tabel 3.12	Matriks perlakuan penelitian.....	28
Tabel 3.13	Matriks bak pengontrolan.....	28
Tabel 3.14	Contoh uji dan larutan pereaksi pada bermacam-macam	

	digestion vessel .....	30
Tabel 4.1	Hasil pengukuran setelah pengolahan dengan parameter fosfat, COD, TSS, DO, pH, TDS, kekeruhan, dan DHL dengan menggunakan tanaman sawi <i>B. juncea</i> dan <i>B. rapa</i> .....	37
Tabel 4.2	Hasil pengukuran pada bak pengontrol dengan parameter TSS, COD, DO, pH, TDS, kekeruhan, DHL, dan fosfat.....	37
Tabel 4.3	Persentase efektivitas pengolahan limbah dengan parameter TSS, COD, DO, TDS, kekeruhan, dan fosfat.....	38
Tabel 4.4	Pucuk Daun <i>B. juncea</i> dan <i>B. rapa</i> .....	48
Tabel 4.5	Keadaan fisik tanaman <i>B. juncea</i> dan <i>B. rapa</i> .....	55
Tabel 4.6	Perubahan warna sampel limbah penatu dari waktu (hari) ke waktu (hari) .....	57



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Aktivitas masyarakat yang semakin tinggi membuat peningkatan akan kebutuhan jasa, sehingga banyak muncul layanan jasa untuk mempermudah atau membantu aktivitas rumah tangga, salah satunya adalah usaha penatu. Pelaku usaha penatu menghasilkan limbah cair yang berdampak buruk bagi lingkungan perairan apabila tidak dilakukan pengawasan dan pengolahan terhadap air limbah (Maliga dkk., 2017). Semakin banyaknya pelaku usaha yang membuang limbah tanpa melakukan pengolahan, maka akan menimbulkan beberapa dampak di antaranya adalah rusaknya ekosistem air, tercemarnya badan air, dan krisis air bersih (Kusuma dkk., 2019).

Pelaku usaha penatu tidak melakukan pengolahan dan langsung membuang hasil limbah ke badan air maupun drainase-drainase yang terhubung ke sungai, hal ini mengakibatkan pencemaran ekosistem air. Limbah penatu mengandung deterjen yang dapat mengakibatkan pertumbuhan alga dan eutrofikasi apabila dibuang dengan jumlah yang besar dan terus-menerus (Alifia dan Ratnawati, 2020).

Beberapa parameter yang terdapat pada limbah penatu adalah *Total Suspended Solid (TSS)*, *Total Dissolved Solid (TDS)*, dan *Chemical Oxygen Demand (COD)* (Utami, 2013). Zat pencemar dalam jumlah yang besar dapat menyebabkan tingginya kadar parameter yang terkandung dalam limbah penatu dan mengganggu kehidupan akuatik dan organisme air. Pengolahan limbah penatu tersebut perlu dilakukan guna mengetahui besarnya pencemaran dan bertujuan untuk melakukan pengolahan sehingga limbah penatu layak dibuang ke lingkungan sesuai dengan baku mutu.

Mengingat adanya permasalahan pencemaran air yang diakibatkan oleh limbah penatu, maka perlu dilakukan upaya remediasi atau pemulihan terhadap air limbah. Banyak metode yang dapat dilakukan untuk meremediasi pencemaran air yang tercemar, salah satunya adalah fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan suatu metode yang dapat dilakukan untuk memperbaiki suatu lingkungan yang tercemar

oleh zat kontaminan dengan menggunakan tumbuhan sebagai alat untuk melakukan remediasi baik itu pencemaran pada tanah maupun air (Agustin, 2017). Metode fitoremediasi berhasil dalam mengurangi bahkan mengubah zat berbahaya yang ada pada air menjadi tidak berbahaya. Kemampuan tumbuhan dalam menyerap zat kontaminan atau unsur logam berat pada air ini yang dimanfaatkan oleh metode fitoremediasi (Ruhmawati dkk., 2017). Fitoremediasi bisa dilakukan secara *in-situ* (pengolahan langsung pada media pencemaran) dan *ex-situ* (menggunakan reaktor atau kolam buatan). Fitoremediasi sering digunakan karena mudah dalam pengoperasian, relatif hemat biaya dan aman tidak berdampak bagi lingkungan (Nur, 2013).

Tanaman yang digunakan untuk metode fitoremediasi merupakan tanaman yang mampu menguraikan atau mendegradasi zat atau kandungan pencemar tertentu dengan konsentrasi tinggi menggunakan akar dan tajuknya. Proses ini dapat dimanfaatkan dalam mekanisme fitoekstraksi karena tumbuhan akan menyerap kandungan pencemar melalui akar dan ditranslokasikan ke tajuknya untuk diolah (Hidayanti, 2016). Pada proses fitoremediasi tanaman juga memanfaatkan batang dan daunnya untuk mendegradasi bahan pencemar, oleh karena itu morfologi tanaman berperan penting dalam proses fitoremediasi. Tanaman yang berpotensi untuk dilakukan fitoremediasi adalah *Brassica juncea* dan *Brassica rapa*, karena penurunan kadar pencemar sangat dipengaruhi oleh morfologi tanaman dalam pendegradasian bahan pencemar (Kustiyaningsih dan Irawanto, 2020). Morfologi pada tanaman *B. juncea* adalah daun yang berbentuk lebar, dan mempunyai akar serabut. Sedangkan tanaman *B. rapa* memiliki daun yang berbentuk oval menyerupai sendok, dan akar tunggang. Maka dari itu, kedua tanaman ini berpotensi untuk digunakan dalam fitoremediasi.

Tanaman *B. juncea* merupakan salah satu tanaman hiperakumulator. Kasmianti dkk. (2018) menyatakan bahwa tanaman *B. juncea* mampu hidup dan tumbuh pada media pencemar dan mampu mentranslokasi serta mengakumulasi kadar pencemar logam Cr sebesar 80-97% yang terdapat pada media melalui akarnya. Menurut Susanawati dkk. (2016) tanaman *B. juncea* mampu hidup dan tumbuh pada limbah cair *grey water* dengan media tanam hidroponik. Sabrina

dkk. (2018) menjelaskan bahwa pemanfaatan tanaman *B. juncea* sebagai media biofilter pada air budidaya ikan mas mampu menghasilkan kualitas air yang baik dikarenakan *B. juncea* memiliki akar serabut yang dapat menyaring kadar pencemar, sehingga mampu menyerap bahan organik dan mampu menurunkan kadar pencemar. Junyo dan Handayanto (2017) juga menjelaskan bahwa tanaman *B. juncea* merupakan tanaman hiperakumulator yang mampu menyerap Hg pada tanah tercemar sebesar 0,178 ppm.

Selain tanaman *B. juncea*, tanaman *B. rapa* juga merupakan tanaman yang berpotensi sebagai tanaman hiperakumulator. Baroroh (2017) menjelaskan bahwa tanaman *B. rapa* mampu menyerap logam Cu sebesar 0,059 mg/kg/hari pada pengaplikasian tanaman *B. rapa* yang disirami dengan air tercemar logam Cu. Qulub (2017) melaporkan bahwa tanaman *B. rapa* mampu menurunkan kadar nitrit, nitrat dan amonia pada limbah ikan nila merah dengan pengaruh sebesar 71,23%. Junyo dan Handayanto (2017) juga menjelaskan bahwa tanaman *B. rapa* merupakan tanaman hiperakumulator yang mampu menyerap Merkuri (Hg) pada tanah tercemar sebesar 0,311 ppm. Selain logam berat, *B. rapa* telah diinvestigasi mampu mendegradasi jenis-jenis kontaminan lain. Effendi dkk. (2015) melaporkan bahwa *B. rapa* mampu menurunkan kadar amonium sebesar 52,16% dan ortofosfat sebesar 28,16%. Effendi dkk. (2015) juga memberi usulan bahwa pengolahan limbah perlu diintegrasikan dengan kegiatan lain seperti pertanian dan perikanan. Pengolahan limbah amonium dan ortofosfat telah diintegrasikan dengan budidaya lele.

Sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) merupakan salah satu sistem yang dapat digunakan untuk fitoremediasi. Pada sistem ini akar tanaman berada pada lapisan air dengan kedalaman berkisar antara 4-6 cm. Prinsip kerja dari sistem hidroponik DFT yaitu mensirkulasikan air secara terus-menerus selama 24 jam, sehingga potensi tanaman untuk layu dan kering hanya sedikit (Wirawan dkk., 2014).

Dari hasil penelitian sebelumnya belum ada yang menggunakan tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* dalam menurunkan kadar fosfat, COD, TSS, DO, TDS, kekeruhan, dan pH menggunakan sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT).

Maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengolahan limbah penatu dengan fitoremediasi tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* menggunakan sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) dalam penurunan kadar fosfat, COD, TSS, TDS, kekeruhan, peningkatan kadar DO dan penetralan pH. Hal ini bertujuan untuk memperoleh gambaran mengenai efektivitas dan kemampuan tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* dalam mengurangi kadar pencemar pada limbah penatu. Penggunaan tanaman pangan *B. juncea* dan *B. rapa* dalam pengolahan limbah penatu juga memperluas ide fitoremediasi limbah penatu yang terintegrasi dengan aktivitas ekonomi lainnya seperti budidaya tanaman.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana efektivitas tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* dalam menurunkan kadar fosfat, COD, TSS, TDS, kekeruhan, meningkatkan kadar DO dan menetralkan pH dalam pengolahan limbah penatu menggunakan sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT)?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian adalah untuk mengetahui efektivitas tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* dalam menurunkan kadar fosfat, COD, TSS, TDS, kekeruhan, meningkatkan kadar DO dan penetralan pH dalam pengolahan limbah penatu menggunakan sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT).

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas diperoleh manfaat penelitian sebagai berikut:

1. Dapat memberikan informasi mengenai efektivitas tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* dalam menurunkan kadar fosfat, COD, TSS, TDS, kekeruhan, meningkatkan kadar DO dan penetralan pH dalam pengolahan limbah penatu menggunakan sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT).
2. Diharapkan penelitian ini akan menghasilkan limbah penatu yang aman dan sesuai baku mutu yang telah ditentukan untuk dibuang ke lingkungan.
3. Dapat menjadi solusi bagi pelaku usaha penatu dalam penanggulangan pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah penatu.

#### 1.5 Batasan Penelitian

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Pengaruh reduksi terhadap fosfat, COD, TSS, DO, TDS, kekeruhan, dan pH dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya intensitas cahaya, debit, dan suhu, tetapi pada penelitian ini pengaruh variabel tersebut tidak diamati.
2. Pengaruh reduksi parameter pada sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) dapat berasal dari aktivitas tanaman dan proses aerasi, namun penelitian ini tidak menginvestigasi dan mengidentifikasi proses mana yang mempengaruhi proses remediasi.
3. Penelitian ini hanya berfokus pada pengujian fosfat, COD, TSS, DO, TDS, kekeruhan, dan pH, dan tidak menguji konsentrasi surfaktan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Limbah Cair Penatu

Pencemaran air menjadi salah satu masalah utama yang perlu mendapatkan perhatian lebih dikarenakan masih kurangnya kesadaran masyarakat dalam mengelola limbah yang terus menerus dibuang ke lingkungan. Berkembangnya pelaku usaha penatu pada saat ini dikarenakan usaha penatu dapat meringankan kegiatan rumah tangga seperti pencucian pakaian. Meningkatnya usaha penatu memberikan dampak yang kurang baik bagi ekosistem air. Banyak dari pelaku usaha penatu tidak mengolah hasil limbah dan langsung dibuang ke drainase-drainase yang kemudian mengalir ke sungai dan akan berdampak buruk bagi badan air dan lingkungan (Pramyani dan Marwati, 2020). Air limbah penatu merupakan limbah yang mengandung deterjen dan bahan pelembut pakaian. Detergen mengandung tiga kategori bahan kimia yaitu, fosfat (*builders*) berkisar 70-80%, surfaktan berkisar antara 20-30%, serta pewangi, pemutih, dan bahan yang menimbulkan busa 2-8% (Putri, 2017).

Bahan aktif yang terkandung dalam detergen adalah fosfat, bahan organik dan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS). LAS merupakan jenis surfaktan anionik yang dapat didegradasi secara biologi, yang dihasilkan dari salah satu limbah yang berasal dari usaha penatu (Herlambang dan Hendryanto, 2015; Mataram dkk., 2019). Bahan-bahan ini apabila terdapat dengan jumlah yang berlebihan akan berpotensi mencemari badan air dan membahayakan ekosistem air (Prasasti dkk., 2020).

Pengolahan air limbah penatu bertujuan untuk membuat limbah penatu menjadi aman dibuang ke lingkungan dan mencegah terjadinya pencemaran air. Menurut Agustira dkk. (2013), beberapa parameter yang terdapat pada limbah cair untuk melihat kualitas limbah cair yaitu:

1. *Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan kebutuhan jumlah oksigen yang diperlukan dalam penguraian bahan organik yang dilakukan mikroorganisme pada limbah cair.

2. *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan total padatan yang tersuspensi yang ada dalam air berupa bahan organik maupun anorganik. Hal ini akan berdampak buruk pada kualitas air karena akan menyebabkan kekeruhan, dan menghalangi matahari masuk ke dalam limbah cair.
3. pH merupakan konsentrasi ion hidrogen dengan mengukur derajat keasaman dan basa pada limbah cair.
4. *Total Dissolved Solid* (TDS) merupakan ukuran dari zat terlarut baik berupa zat organik maupun anorganik (seperti garam dan lainnya).
5. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) merupakan kebutuhan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme dalam proses penguraian bahan organik dengan kondisi aerobik.

Menurut Mubin dkk. (2016), kekeruhan juga menjadi salah satu parameter penting yang perlu diketahui kadarnya pada suatu limbah. Kekeruhan terjadi akibat adanya zat koloid yang melayang dan zat yang terurai menjadi ukuran yang lebih kecil. Bertambahnya bahan organik pada limbah membuat mikroorganisme berkembang dengan cepat dan mereduksi oksigen terlarut yang ada pada limbah, sehingga kadar DO perlu diketahui untuk menjaga kestabilan oksigen pada limbah (Berutu, 2016).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, baku mutu air limbah merupakan batasan, ukuran, dari kadar zat pencemar dan/atau jumlah zat pencemar yang diperkenankan dalam air limbah yang akan dibuang ke badan air dari suatu kegiatan dan/atau usaha.

**Tabel 2.1** Baku mutu air limbah bagi usaha industri sabun, dan detergen

Baku Mutu (mg/L)	Parameter	Baku Mutu (mg/L)	Keterangan
180	COD	180	Batas maksimal
75	BOD	75	Batas maksimal
60	TSS	60	Batas maksimal
3	MBAS	3	Batas maksimal
2	Fosfat (PO <sub>4</sub> )	2	Batas maksimal
6,0 – 9,0	pH	6,0 – 9,0	Batas netral

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014

**Tabel 2.2** Baku mutu air limbah

Parameter	Baku Mutu	Satuan	Keterangan
*Kekeruhan	25	NTU	Batas maksimal
**TDS	1000	mg/L	Batas maksimal
**DO	6 (Kelas 1)	mg/L	Batas minimal

Sumber: \*Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017

\*\*Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 (LAMPIRAN VI)

## 2.2 Fitoremediasi

Salah satu metode yang digunakan untuk menangani pencemaran air adalah metode fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan metode untuk memperbaiki air yang tercemar menjadi seperti fungsinya kembali dengan menggunakan tanaman yang dapat mengikat unsur pencemar melalui penyerapan (Wuran dkk., 2018).

Fitoremediasi menjadi salah satu solusi yang banyak digunakan untuk meremediasi air dan tanah, karena selain efektif mengembalikan fungsi metode ini juga memiliki biaya lebih rendah dibandingkan dengan metode lain. Tanaman yang dapat digunakan dalam metode ini mempunyai bentuk yang beraneka ragam, baik itu berbentuk seperti rerumputan maupun seperti alang-alang (Ratnawati dan Fatmasari, 2018). Tanaman yang digunakan dalam proses fitoremediasi merupakan tanaman hiperakumulator yang bersifat mampu menyerap pencemar dan mampu bertahan hidup pada media pencemar. Kemampuan tanaman dalam menyerap zat pencemar bergantung pada jenis tanaman dan kadar dari zat pencemar yang terdapat pada media (Irhanni dkk., 2018).

Menurut Waluyo (2018), fitoremediasi terbagi atas beberapa mekanisme dalam mengakumulasi zat pencemar yaitu:

- a. *Fitoekstraksi* adalah kemampuan tanaman dalam menyerap polutan melalui akar tumbuhan kemudian polutan menyebar pada bagian-bagian tumbuhan yang lain seperti daun dan batang.
- b. *Rizofiltrasi* adalah kemampuan tanaman dalam menyerap, menyaring, dan mengendapkan polutan atau logam berat dengan menggunakan akar, mekanisme ini biasa digunakan untuk remediasi air atau lahan basah.
- c. *Fitodegradasi* adalah kemampuan tanaman dalam menguraikan polutan dalam tubuh tumbuhan dengan bantuan metabolisme enzim yang ada pada tumbuhan, enzim tersebut berfungsi untuk menguraikan polutan.

- d. *Fitostabilisasi* adalah kemampuan tanaman dalam menguraikan polutan dengan memproduksi senyawa kimia yang berasal dari akar dan berfungsi untuk menstabilkan polutan.
- e. *Fitovolatilisasi* adalah kemampuan tumbuhan dalam menguraikan polutan melalui proses penguapan dan kemudian dilepaskan ke udara melalui daun.

### 2.3 Tanaman *Brassica juncea*

Tanaman *B. juncea* merupakan tanaman yang masih tergolong dalam kelompok sayur-sayuran yang mudah dijumpai dan tergolong dalam famili kubis-kubisan (*Brassicaceae*). Menurut Effendi dkk. (2015), *B. juncea* adalah tanaman yang tahan terhadap kadar air yang tinggi, mudah untuk dibudidayakan, dan dapat dijadikan sebagai agen fitoremediator limbah. *B. juncea* dapat bertahan hidup dan berkembang menggunakan sistem hidroponik dengan memberikan air larutan nutrisi yang cukup, serta oksigen yang cukup (Tripama dan Yahya, 2018).

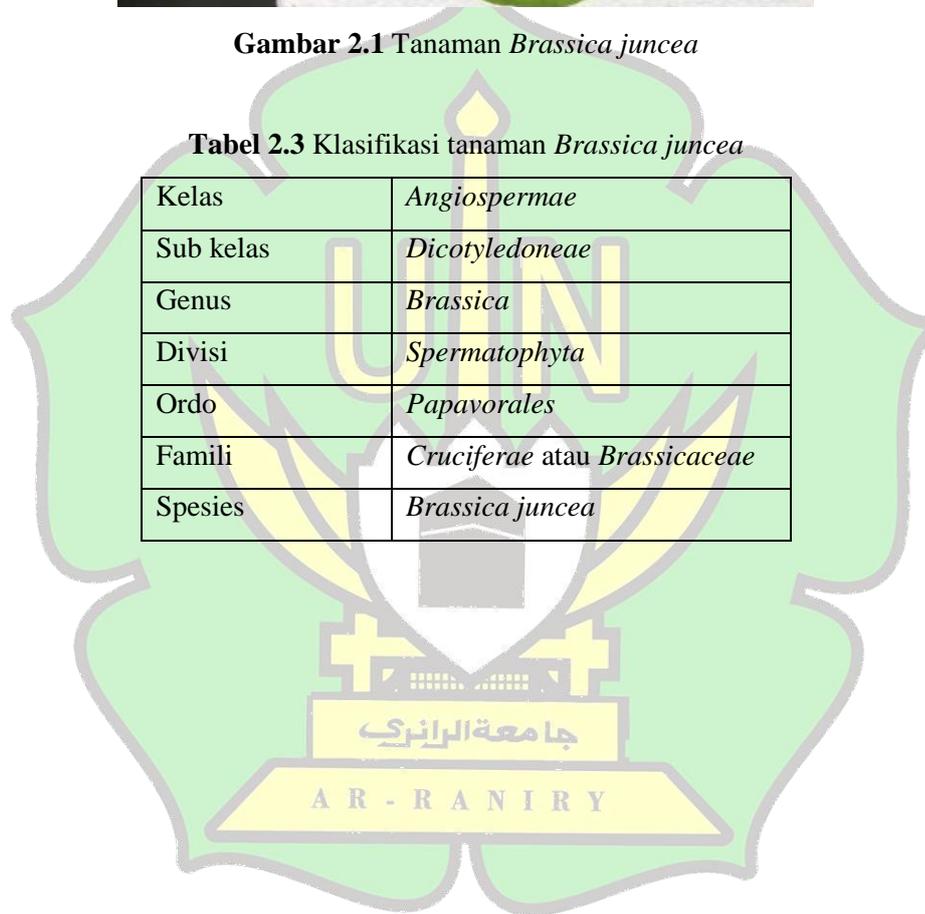
Karakteristik tanaman *B. juncea* mempunyai akar serabut, memiliki cabang-cabang yang berbentuk bulat panjang dan menyebar pada semua arah, dapat dilihat pada Gambar 2.1. Fungsi akar tanaman adalah untuk menyerap air, zat makanan, dan zat-zat yang terdapat pada media. Pada tiap kuntum tanaman sawi terdapat 4 helai kelopak daun, tidak berbulu, dan berwarna hijau (Ramadaningrum, 2016). Menurut Alifah (2019), klasifikasi tanaman *B. juncea* dapat dilihat pada Tabel 2.3. Tabel 2.4 menjelaskan beberapa penelitian terdahulu tentang fitoremediasi tanaman *B. juncea*.



**Gambar 2.1** Tanaman *Brassica juncea*

**Tabel 2.3** Klasifikasi tanaman *Brassica juncea*

Kelas	<i>Angiospermae</i>
Sub kelas	<i>Dicotyledoneae</i>
Genus	<i>Brassica</i>
Divisi	<i>Spermatophyta</i>
Ordo	<i>Papaverales</i>
Famili	<i>Cruciferae</i> atau <i>Brassicaceae</i>
Spesies	<i>Brassica juncea</i>



**Tabel 2.4** Studi literatur mengenai fitoremediasi tanaman *B. juncea*

Studi-studi	Hasil Penelitian	Referensi
Penggunaan <i>Coal Fly Ash</i> (CFA) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Untuk Perbaikan Tanah Ultisol dan Serapan Logam Berat	Tanaman <i>B. juncea</i> mampu menyerap logam Cu sebesar 192,03 mg/Kg <sup>-1</sup> dan mampu menyerap kadar logam Pb sebesar 80.000 mg/Kg <sup>-1</sup> pada tanah ultisol dengan sistem <i>constructed wetland</i>	Nugroho dkk., 2020
Potensi Tiga Varietas Tanaman Sawi Sebagai Akumulator Merkuri Pada Tanah	Tanaman <i>B. juncea</i> mampu menyerap kadar Hg sebesar 0,178 ppm menggunakan sistem <i>constructed wetland</i>	Junyo dan Handayanto, 2017
Fitoremediasi Logam Berat Menggunakan Berbagai Jenis Tanaman Sayuran Pada Tanah Mengandung Lumpur Kering Limbah Domestik Kota Medan	Tanaman Sawi mampu mengakumulasi logam berat Pb sebesar 1235 ppm dan Cu sebesar 62 ppm dengan sistem <i>constructed wetland</i>	Tindaon dkk., 2013
Pemanfaatan Limbah Media Jamur Tiram Putih Sebagai Kompos Pada Pertumbuhan Tanaman Sawi ( <i>Brassica juncea</i> L.).	Menjelaskan bahwa tanaman <i>B. juncea</i> mampu tumbuh dan hidup pada pemanfaatan limbah media jamur tiram putih sebagai kompos	Iskandar, 2017
Efektivitas Serapan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) oleh Tanaman Kangkung ( <i>Ipomea reptans Poir</i> ), Sawi ( <i>Brassica juncea</i> ) dan Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) pada Tanah Tercemar Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu)	Tanaman <i>B. juncea</i> mampu menyerap kadar logam berat tembaga sebesar 87,10% dan mampu mendegradasi logam timbal sebesar 98,89% pada tanah tercemar logam Pb dan Cu dengan sistem <i>constructed wetland</i>	Anggraeni, 2019
Pengaruh Penggunaan Lumpur Limbah Industri Penyamakan Kulit Terhadap Penyebaran Krom Pada Tanaman Sawi	Tanaman sawi mampu mendegradasi kadar kromium pada limbah industri penyamakan kulit sebesar 83,67% menggunakan sistem <i>constructed wetland</i>	Darmawan, 2012

Adsorpsi Logam Merkuri (Hg) dari Limbah Tanah Tercemar Menggunakan Sawi ( <i>Brassica juncea</i> ) pada Berbagai Waktu Tanam	Tanaman <i>B. juncea</i> mampu mengakumulasi kadar logam Hg sebesar 60,416 µg/g selama waktu tanam 6 minggu.	Khairuddin dkk., 2021
Pertumbuhan dan Akumulasi Logam Krom Pada Anggota <i>Brassicaceae</i> Yang Ditumbuhkan Pada Media Limbah Sludge Tekstil.	Dalam penelitiannya menyatakan bahwa tanaman <i>B. juncea</i> mampu hidup dan tumbuh pada media pencemar dan mampu mentranslokasi serta mengakumulasi kadar pencemar logam Cr sebesar 80-97% yang terdapat pada media melalui akar	Kasmiati dkk., 2018
Fitoremediasi untuk Rehabilitasi Lahan Pertanian Tercemar Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu)	Dimana tanaman <i>B. juncea</i> mampu mengakumulasi tanah tercemar Cd dan Cu dengan kadar Cd pada akar sebesar 0,00667 ppm dan kadar Cu pada akar sebesar 0,57 ppm	Sa'ad dkk., 2009
Fitoremediasi Lahan Tercemar Logam Berat Pb dan Cd Menggunakan Konsorium Inokulan Mikroba Berbasis Kompos Radiasi	Tanaman <i>B. juncea</i> mampu menyerap logam Pb sebesar 23,18 mg.kg <sup>-1</sup> , dan penyerapan pada logam Cd sebesar 68,95 mg.kg <sup>-1</sup> pada akar tanaman dalam lahan yang tercemar Pb dan Cd.	Susiyanti, 2015
Uji Efektivitas Beberapa Jenis Arang Aktif dan Tanaman Akumulator Logam Pada Lahan Bekas Penambangan Emas	Dalam penelitiannya didapatkan hasil bahwa <i>B. juncea</i> mampu menyerap kadar Hg sebanyak 16,64 ppm pada lahan bekas penambangan emas.	Raharjo dkk., 2012



## 2.4 Tanaman *Brassica rapa*

Tanaman *B. rapa* merupakan tanaman yang termasuk dalam kelompok sayuran yang mudah untuk didapatkan dan harga yang ekonomis (Rizal, 2017). Menurut Wijayanti dkk. (2020) tanaman sawi adalah tanaman yang mempunyai sifat hiperakumulator yang tentunya akan berperan dalam mengurangi pencemaran lingkungan. Tabel 2.6 menjelaskan beberapa penelitian terdahulu menyangkut fitoremediasi tanaman *B. rapa*.



**Gambar 2.2** Tanaman *Brassica rapa*

Karakteristik tanaman *B. rapa* merupakan tanaman dengan kelompok sayuran yang dapat hidup pada dataran rendah dan tinggi. *B. rapa* memiliki akar tunggang dengan percabangan akar yang menyebar yang berfungsi untuk menyerap air atau nutrisi pada media tanam. Daun *B. rapa* berwarna hijau dan berbentuk oval (Sukajat, 2020). Menurut Ernanda (2017), klasifikasi tanaman *B. rapa* dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Klasifikasi tanaman *Brassica rapa*

Kelas	<i>Dicotyledonae</i>
Kingdom	<i>Plantae</i>
Genus	<i>Brassica</i>
Divisi	<i>Spermatophyta</i>
Ordo	<i>Brassicales</i>
Famili	<i>Brassicaceae</i>
Spesies	<i>Brassica rapa</i>

**Tabel 2.6** Studi literatur mengenai fitoremediasi tanaman *B. rapa*

Studi-studi	Hasil Penelitian	Referensi
Respon pertumbuhan dan fisiologis tanaman sawi ( <i>Brassica rapa</i> Var. <i>Parachinensis</i> ) yang dipapar timbal (pb)	Menjelaskan <i>B. rapa</i> mampu menyerap logam Pb yang dipaparkan pada tanaman dan berpengaruh terhadap fisiologis tanaman.	Harianto dan Pohan, 2018
Akumulasi Nikel Pada Akar dan Tajuk Tumbuhan Jarak Pagar ( <i>Jatropha curcas</i> L.), Bunga Matahari ( <i>Helianthus annus</i> L.) dan Sawi Hijau ( <i>Brassica rapa</i> L.) Pada Tanah Terkontaminasi Nikel.	Menjelaskan bahwa tanaman <i>B. rapa</i> mampu mengakumulasi logam Ni pada tanah tercemar logam Ni sebesar 0,25 mg/kg.	Tagentrju dkk., 2018
Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Koi ( <i>Cyprinus carpio</i> ) dengan beberapa Tanaman Sayuran Dalam Sistem Resirkulasi Akuaponik	Tanaman <i>B. rapa</i> efektif dalam mereduksi amonia sebesar 32,034% dalam air budidaya ikan koi dengan menggunakan sistem akuaponik.	Utami dkk., 2019
Fitoremediasi Logam Berat Cd (II), Cr (VI) dan Pb (II) dalam Tanah dengan Tanaman Sawi Hijau ( <i>Brassica rapa</i> var. <i>parakinensis</i> )	Tanaman <i>B. rapa</i> mampu mengakumulasi logam Cd dengan hasil penyerapan pada akar sebesar 47,40 mg/kg, pada daun 55,233 mg/kg. <i>B. rapa</i> juga mampu mengakumulasi logam Cr dengan nilai penyerapan pada akar sebesar 59,058 mg/kg dan pada daun sebesar 66,91 mg/kg.	Suprabawati dan Fudiesta, 2015
Potensi Tumbuhan Monokotil dan Dikotil sebagai Bioakumulator Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Lahan Pertanian	Penelitian menunjukkan bahwa <i>B. rapa</i> dapat menyerap kandungan Cd sebesar 0,151 ppm pada tanah sawah sekitar TPA Tamangapa, Makassar.	Wahyuni, 2019
Bioakumulasi dan Distribusi Cd Pada Akar dan Pucuk 3 jenis Tanaman Famili <i>Brassicaceae</i> : Implementasinya Untuk Fitoremediasi	Dimana tanaman <i>B. rapa</i> mampu mengakumulasi tanah tercemar Cd, dengan kadar Cd pada akar sebesar 30.3382 mgkg <sup>-1</sup> dan pada pucuk sebesar 16.1627 mgkg <sup>-1</sup> .	Susana dan Suswati, 2013

Pengaruh Perbedaan Jumlah Tanaman Sawi Pakcoy ( <i>Brassica rapa</i> L.) Pada Sistem Akuaponik Terhadap Hematologi Ikan Nila Merah ( <i>Oreochromis</i> sp.)	terjadi perubahan kadar amonia terhadap tanaman sawi pada limbah ikan nila dengan kadar amonia pada bak pengontrol sebesar 0,184 mg/L menjadi 0,132 mg/L melalui sistem akuaponik. <i>B. rapa</i> juga merupakan salah satu tanaman hidroponik yang banyak dibudidayakan oleh petani sayuran	Dewi, 2017
Fitoremediasi, Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Nikel , Kadmium dan Kromium dalam Tanaman <i>Ipomoea reptana</i>	Menunjukkan bahwa <i>B. rapa</i> sebagai tanaman hiperakumulator nikel dengan kemampuan penyerapan sebanyak 645,7 mg/kg	Muliadi dkk., 2013
Potensi Tiga Varietas Tanaman Sawi Sebagai Akumulator Merkuri Pada Tanah	Tanaman <i>B. rapa</i> mampu menyerap kadar Hg sebesar 0,311 ppm pada tanah yang tercemar merkuri (Hg) dengan sistem <i>constructed wetland</i>	Junyo dan Handayanto, 2017
Pengaruh Bahan Organik Pada Tailing Emas Terhadap Pertumbuhan dan Translokasi Merkuri (Hg) Pada Sawi ( <i>Brassica parachinensi</i> L.) dan Tomat ( <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.)	Tanaman sawi mampu menyerap menyerap kadar Hg sebanyak 17.477 mg/kg <sup>-1</sup> pada tailing emas	Ainun dkk., 2013
Fitoremediasi Air Tercemar Tembaga (Cu) Menggunakan <i>Salvinia molesta</i> dan <i>Pistia stratiotes</i> Serta Pengaruhnya Terhadap Budidaya Tanaman <i>Brassica rapa</i>	Penelitian menjelaskan bahwa tanaman <i>B. rapa</i> mampu menyerap logam Cu sebesar 0,059 mg/kg/hari pada pengaplikasian tanaman <i>B. rapa</i> disiram dengan air yang tercemar logam Cu.	Baroroh, 2017
Sistem Hidroponik Organik dengan Memanfaatkan Limbah <i>Effluent</i> Biogas Industri Tapioka dan Limbah Kolam Lele	hasil penelitian menjelaskan bahwa tanaman <i>B. rapa</i> mampu menurunkan kadar TSS, ammonium, dan BOD pada limbah industri tapioka dengan menggunakan sistem hidroponik DFT.	Agustin dkk., 2017

## 2.5 Hidroponik

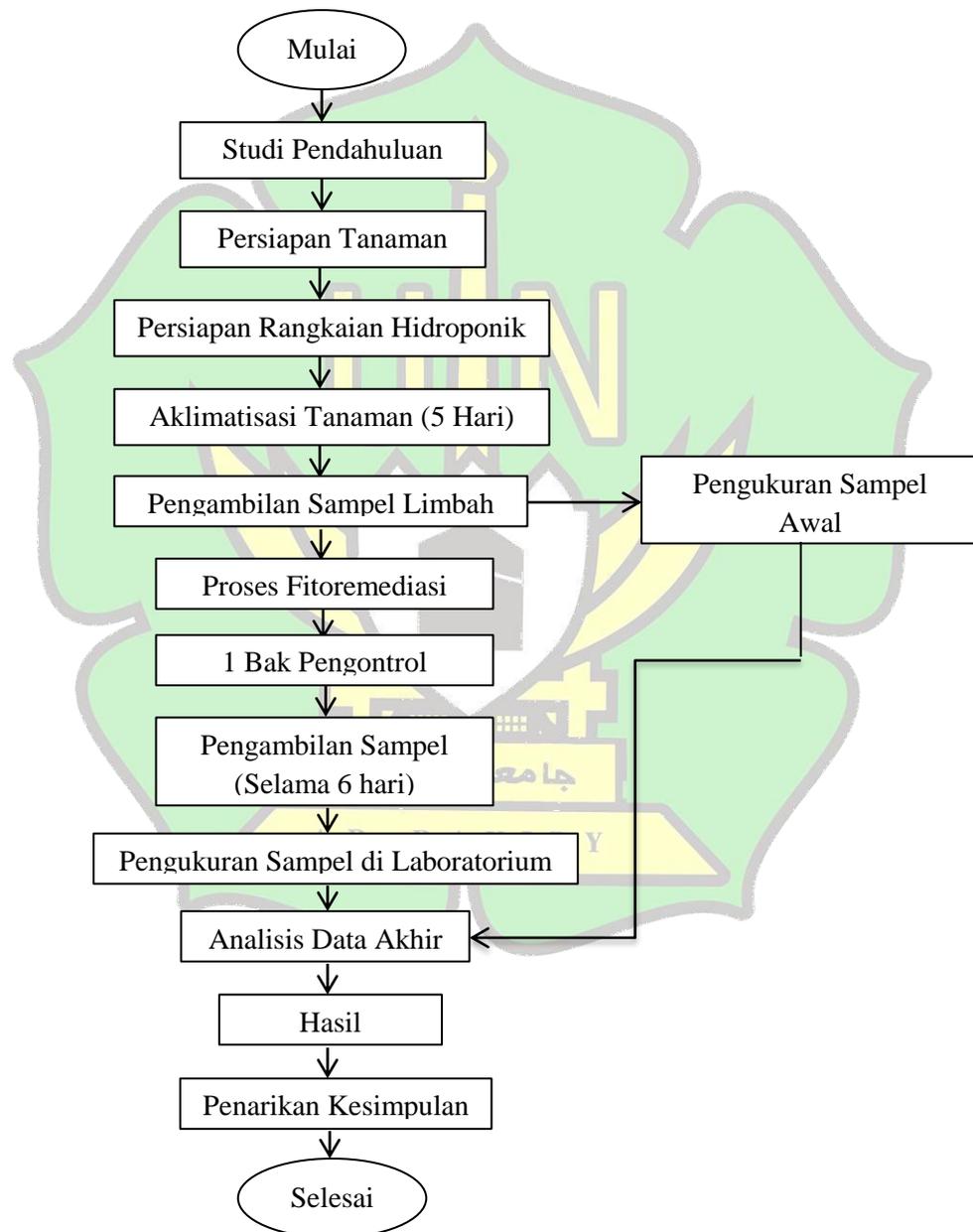
Sistem hidroponik adalah sistem yang dapat diterapkan ketika melakukan fitoremediasi air karena teknik budidaya tanam tidak menggunakan tanah melainkan menggunakan air. Kelebihan sistem hidroponik adalah perawatan tanaman menjadi lebih praktis dan tidak membutuhkan lahan yang luas (Wachjar dan Anggayuhlin, 2013). Sistem hidroponik sudah banyak diterapkan pada berbagai tanaman khususnya sayuran karena dapat meningkatkan produktivitas petani. Selain itu, tanaman juga dapat tumbuh dan berkembang dengan baik hingga meningkatkan hasil produksi (Aksa dkk., 2018). Berdasarkan (Santiaji dkk., 2017; Pharmawati dkk., 2017; Hasta dkk., 2020) ada beberapa macam teknik hidroponik yang sering digunakan pada saat ini yaitu:

- a. *Axis system* (sistem sumbu) merupakan teknik yang paling sederhana dengan memakai sumbu, tidak memerlukan listrik, pompa dan aerator.
- b. Rakit apung merupakan teknik dengan menggunakan kolam sebagai tempat penampungan air dan air tidak bersirkulasi.
- c. *Nutrient Film Technique* (NFT) merupakan teknik penanaman dengan akar tanaman yang dangkal, air yang mengalir, menggunakan pompa dan aerator.
- d. *Aeroponik* merupakan teknik dengan cara air disemprotkan pada daerah akar.
- e. *Deep Flow Technique* (DFT) merupakan salah satu metode dari hidroponik yang sering digunakan pada saat ini. Pada sistem DFT, akar tanaman diletakkan pada lapisan air dengan kedalaman 4-6 cm. kemudian air akan terus bersirkulasi dan mengalir pada rangkaian hidroponik sehingga potensi tanaman untuk kering dan layu kecil. Sistem hidroponik DFT juga tidak memerlukan aliran listrik selama 24 jam (Hartarto, 2019). Kekurangan sistem DFT adalah kadar oksigen yang rendah pada daerah perakaran yang terjadi akibat akar terendam dalam larutan sehingga mempengaruhi penyerapan air, tetapi hal ini bisa diatasi dengan penambahan aerator (Asyiah, 2013).

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tahapan Umum

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen murni dengan menggunakan tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* dalam pengolahan limbah penatu. Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

Tahapan penelitian umum yang terbagi menjadi beberapa tahapan dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Studi pendahuluan, merupakan studi yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai proses penelitian yang akan dilakukan berdasarkan pada literatur skripsi, jurnal, buku dan tesis.
2. Persiapan tanaman, merupakan tahapan yang disiapkan tanaman sebanyak 20 tanaman pada setiap rangkaian hidroponik yang terdiri dari 20 tanaman *B. juncea* dan 20 tanaman *B. rapa* dengan kriteria jumlah batang pada tanaman 5-6 helai daun pada setiap *netpot*.
3. Persiapan hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT), merupakan tahap mempersiapkan 2 rangkaian hidroponik DFT untuk melakukan eksperimen yang terdiri dari rangkaian hidroponik DFT tanaman *B. juncea* dan rangkaian hidroponik DFT tanaman *B. rapa* yang terdiri atas 20 lubang *netpot* pada masing-masing rangkaian.
4. Aklimatisasi tanaman, dilakukan selama lima hari (Slamet, 2011), dengan menggunakan air dari limbah penatu yang digunakan pada penelitian yang bertujuan untuk menyesuaikan tanaman dan beradaptasi pada lingkungan baru.
5. Pengambilan sampel limbah, merupakan tahapan pengambilan sampel air limbah penatu pada salah satu usaha laundry yang beralamat di Jalan Cinta kasih Barat 9 No 11, Kecamatan Lueng Bata, Kota Banda Aceh. Setelah pengambilan sampel limbah dilakukan pengukuran awal sampel yang bertujuan untuk mengetahui kadar awal pencemar sebelum dilakukan perlakuan fitoremediasi.
6. Proses fitoremediasi, merupakan tahap dilakukannya proses fitoremediasi limbah penatu dengan menggunakan tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* pada masing-masing rangkaian hidroponik. Pada masing-masing rangkaian diberikan tambahan aerasi dengan menggunakan aerator (Amara 103 AA). Penggunaan aerasi pada rangkaian dapat meningkatkan kadar oksigen yang berfungsi untuk peningkatan kinerja akar dalam penyerapan air, kekurangan

oksigen pada tanaman menyebabkan tanaman berpotensi mengalami kematian (Krisna dkk., 2017).

7. Pengambilan sampel, merupakan tahapan pengambilan pada sampel limbah penatu setelah dilakukan proses fitoremediasi selama 6 hari pada masing-masing rangkaian hidroponik.
8. Pengukuran sampel di laboratorium, merupakan tahapan pengukuran terhadap limbah penatu yang sudah melalui proses fitoremediasi selama 6 hari guna mengukur kadar COD, TSS, DO, kekeruhan, TDS, DHL, dan pH yang dilakukan di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, sedangkan fosfat dilakukan pengujian di Laboratorium Kimia Lingkungan, Universitas Syiah Kuala.
9. Analisis data dan hasil, merupakan tahapan yang dilakukan untuk menganalisis data yang diperoleh dari pengukuran sampel guna memperoleh informasi dan solusi dalam permasalahan dan dapat digunakan sebagai bahan dalam penarikan kesimpulan.
10. Penarikan kesimpulan, merupakan tahapan dalam menjawab pertanyaan yang muncul pada rumusan masalah dalam penelitian ini yang dijelaskan berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan.

## **3.2 Sampel dan Bahan**

### **3.2.1 Teknik pengambilan sampel**

Teknik pengambilan sampel yang dilakukan pada penelitian ini adalah menggunakan teknik *grab sampling* atau pengambilan sampel secara sesaat pada lokasi tertentu (SNI 6989.59:2008) dengan langkah-langkah dibawah ini:

1. Limbah penatu diambil langsung dari tempat usaha yang beralamat di Jalan Cinta Kasih Barat 9 No 11, Kecamatan Lueng Bata, Kota Banda Aceh.
2. Sampel diambil menggunakan gayung plastik yang memiliki tangkai dan dimasukkan pada wadah yang berkapasitas 30 liter dengan menggunakan 2 jerigen sesuai dengan kriteria pada SNI 6989.59:2008.
3. Sampel pengujian limbah penatu diambil menggunakan botol plastik 1500 ml sesuai dengan kriteria SNI 6989.59:2008.



**Gambar 3.2** Sampel limbah penatu dan pengambilan sampel

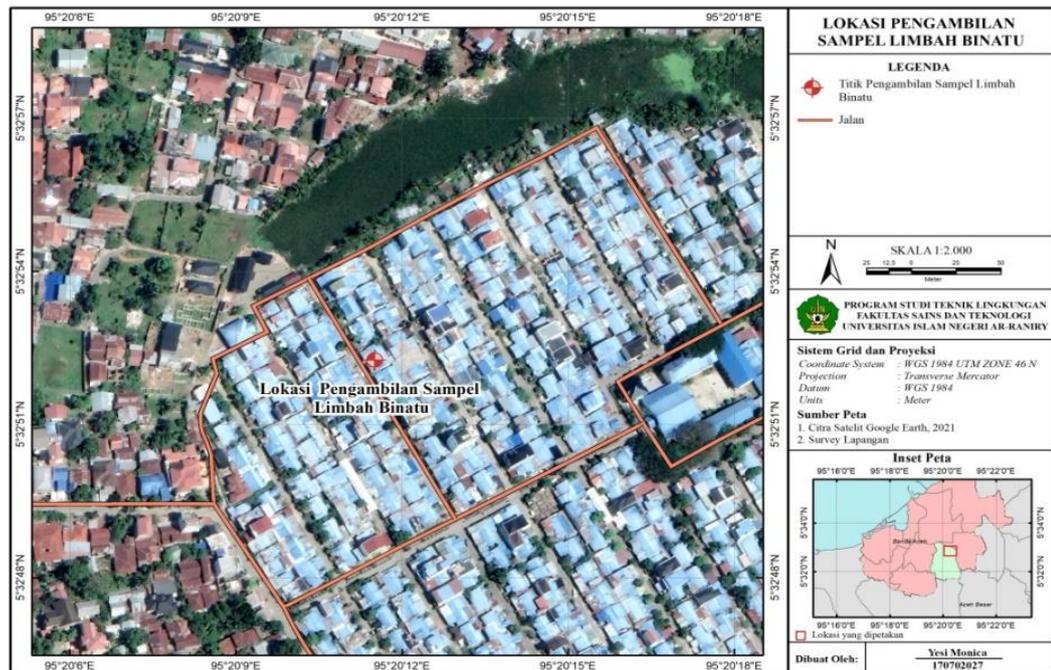
### 3.2.2 Waktu dan tempat penelitian

Waktu penelitian dimulai dari tanggal 21 Juni sampai 01 Juli 2021. Penelitian dilakukan di beberapa lokasi yaitu: (i) lokasi tempat pengambilan sampel dilakukan pada salah satu usaha penatu yang beralamat di Jalan Cinta Kasih Barat 9 No 11, Kecamatan Lueng Bata, Kota Banda Aceh, lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.3. Pengambilan sampel pada lokasi ini didasarkan dari hasil uji pendahuluan terhadap limbah penatu yang dilakukan di Laboratorium Penguji Baristand Industri Banda Aceh (LABBA). Hasil uji pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 3.1. (ii) lokasi eksperimen dilakukan di kantor Balai Penyuluhan Pertanian (BPP) yang beralamat di Jl. Lambeude No. 54, Kecamatan Meuraxa, Kota Banda Aceh.

**Tabel 3.1** Hasil uji pendahuluan limbah penatu

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Hasil Uji Pendahuluan
1	pH	-	6-9	6,83
2	COD	mg/L	180	263,17
3	TSS	mg/L	60	106
4	Fosfat	mg/L	2	2,13

Sumber: (Laboratorium Penguji Baristand Industri Banda Aceh (LABBA), 2021)



Gambar 3.3 Peta lokasi pengambilan sampel

### 3.2.3 Lokasi pengujian sampel

Lokasi pengujian sampel pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Lokasi pengujian sampel

Pengukuran Parameter	Laboratorium
Fosfat	Teknik Kimia Lingkungan UNSYIAH
COD	Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
TSS	Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
TDS	Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Kekeruhan	Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
DHL	Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
DO	Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
pH	Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

### 3.2.4 Bahan

Bahan eksperimen yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat dalam beberapa tabel sesuai dengan jenis pengujian, yaitu bahan pengujian sampel COD di Tabel 3.4, bahan pengujian sampel TSS di Tabel 3.5, bahan pengujian sampel pH di Tabel 3.6, bahan pengujian sampel fosfat di Tabel 3.7, bahan pengujian sampel DO di Tabel 3.8, bahan pengujian sampel TDS di Tabel 3.9, bahan pengujian sampel DHL di Tabel 3.10, dan bahan pengujian sampel kekeruhan di Tabel 3.11.

**Tabel 3.3** Bahan yang digunakan dalam proses eksperimen

No	Nama Bahan	Jumlah
1	Limbah Penatu	60 Liter
2	Tanaman <i>B. juncea</i>	20 buah
3	Tanaman <i>B. rapa</i>	20 buah

**Tabel 3.4** Bahan yang digunakan dalam pengujian sampel COD (SNI 6989.73.2009)

No	Nama Bahan	Volume	Satuan	Merek Dagang	Peruntukan
1	Asam sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1000	ml	Merck	Pembuatan larutan pereaksi asam sulfat
2	Phenanthrolin monohidrat	1,485	Gram	Ex china	Pembuatan larutan indikator ferroin
3	Air bebas organik	10	Liter	-	Pencucian alat ketika digunakan dan untuk pengenceran
4	Merkuri (II) sulfat (HgSO <sub>4</sub> )	33,3	Gram	Ex china	Pembuatan larutan kalium dikromat 0,01667 M
5	Perak Sulfat (Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	10,12	Gram	Shuoyun	Pembuatan larutan pereaksi asam sulfat
6	Kalium dikromat (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	4,903	Gram	Pudak	Pembuatan larutan kalium dikromat 0,01667 M
7	Asam sulfamat (NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H)	10	mg	Smart lab	Digunakan jika terjadi gangguan nitrit

8	Kalium hidrogen ftalat ( $\text{HOCC}_6\text{H}_4\text{COO K}$ , KHP)	425	mg	Pudak	Pembuatan larutan baku kalium hidrogen ftalat
9	Besi (II) amonium sulfat heksahidrat $\text{Fe}(\text{NH}_4)_7(\text{SO}_4)_7 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	19,6	gram	Pudak	Pembuatan larutan baku FAS 0,05 M
10	Besi (II) sulfat heptahidrat ferrous sulfate ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )	695	mg	Pudak	Pembuatan larutan indikator ferroin

**Tabel 3.5** Bahan yang digunakan dalam proses pengujian sampel TSS (SNI 06.6989.3.2004)

No	Nama Bahan	Volume	Satuan	Merek Dagang	Peruntukan
1	Air Suling	10	Liter	-	Membasahi kertas saring
2	Kertas saring gelman type A/E	1,0	$\mu\text{m}$	Staplex	Penyaringan residu limbah penatu
3	Kertas saring whatman Grade 934 AH	1,5	$\mu\text{m}$	Staplex	Penyaringan residu limbah penatu
4	Saringan	0,45	$\mu\text{m}$	-	Penyaringan residu limbah penatu
5	Saringan E-D scientific specialities grade 161	1,1	$\mu\text{m}$	Staplex	Penyaringan residu limbah penatu

**Tabel 3.6** Bahan yang digunakan dalam proses pengujian sampel pH (SNI 06.6989.11.2004)

No	Nama Bahan	Volume	Satuan	Merek Dagang	Peruntukan
1	Larutan penyangga 0,7	20	MI	Hanna instruments	Untuk larutan penyangga dalam pengukuran pH normal
2	Larutan penyangga 0,10	20	MI	Hanna instruments	Untuk larutan penyangga dalam pengukuran pH basa
3	Larutan penyangga 0,4	20	MI	Hanna instruments	Untuk larutan penyangga dalam pengukuran pH asam

**Tabel 3.7** Bahan yang digunakan dalam proses pengujian sampel fosfat (SNI 06.6989.31.2005)

No	Nama Bahan	Volume	Satuan	Peruntukan
1	Larutan Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) 5N	500	ml	Untuk pembuatan larutan baku Fosfat
2	Larutan Kalium antimonil tartrat ( $(K_9Sbo)C_4H_4O_6 \cdot 1/2 H_2O$ )	500	ml	Untuk pembuatan larutan baku Fosfat
3	Larutan amonium molibdates ( $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ )	500	ml	Untuk pembuatan larutan baku Fosfat
4	Larutan asam askorbat ( $C_6H_8O_6$ ) 0,1M	100	ml	Untuk pembuatan larutan baku Fosfat
5	Larutan campuran	100	ml	Untuk pembuatan larutan baku Fosfat
6	Kalium dihidrogen Fosfat anhidrat ( $KH_2PO_4$ )	1000	ml	Untuk pembuatan larutan baku Fosfat

**Tabel 3.8** Bahan yang digunakan dalam proses pengujian sampel DO (SNI 06.6989.14.2004)

No	Nama Bahan	Volume	Satuan	Merek Dagang	Peruntukan
1	Aquades	100	ml	-	Untuk kalibrasi alat
2	Sampel Limbah	1500	ml	-	Untuk bahan uji

**Tabel 3.9** Bahan yang digunakan dalam proses pengujian sampel TDS (SNI. 06.6989.27.2005)

No	Nama Bahan	Volume	Satuan	Merek Dagang	Peruntukan
1	Aquades	100	ml	-	Untuk kalibrasi alat
2	Sampel Limbah	1500	ml	-	Untuk bahan uji

**Tabel 3.10** Bahan yang digunakan dalam proses pengujian sampel DHL (SNI. 06.6989.1.2019)

No	Nama Bahan	Volume	Satuan	Merek Dagang	Peruntukan
1	Aquades	100	ml	-	Untuk kalibrasi alat
2	Sampel Limbah	1500	ml	-	Untuk bahan uji

**Tabel 3.11** Bahan yang digunakan dalam proses pengujian sampel kekeruhan (SNI. 06.6989.25.2005)

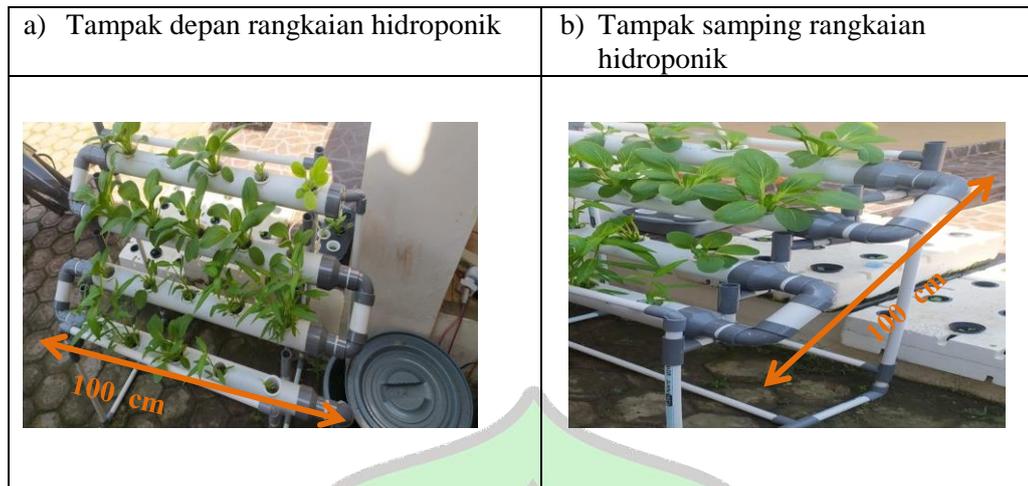
No	Nama Bahan	Volume	Satuan	Merek Dagang	Peruntukan
1	Aquades	100	ml	-	Untuk kalibrasi alat
2	Sampel Limbah	1500	ml	-	Untuk bahan uji

### 3.3 Metode Penelitian

#### 3.3.1 Tahap persiapan

Kerangka alat hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) terdiri dari 4 tingkatan yang terbuat dari pipa PVC. Pada kerangka ini juga terdapat talang yang terbuat dari pipa PVC dengan panjang 100 cm, dan tinggi 100 cm sebagai tempat media sirkulasi air limbah penatu. Pada setiap rangkaian juga terdapat bak penampung air limbah penatu yang terbuat dari plastik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4. Rangkaian hidroponik dipersiapkan sebanyak 2 rangkaian yang terdiri dari rangkaian hidroponik DFT tanaman *B. juncea* dan rangkaian hidroponik DFT tanaman *B. rapa* yang terdiri atas 20 lubang *netpot* pada masing-masing rangkaian.

Sistem kerja hidroponik DFT dimulai dari air dipompa dari bak penampung air limbah dengan menggunakan pompa aquarium (Amara 103 AA) dengan debit 1200 ml/detik yang mengalir ke bagian paling atas rangkaian talang PVC. Air limbah kemudian mengalir mengikuti alur rangkaian dengan debit yang telah ditentukan hingga ke bagian bawah talang PVC menuju bak penampungan dengan penambahan aerator (Amara 103 AA) dan air limbah akan terus menerus bersirkulasi selama 24 jam. Pada penelitian ini digunakan tanaman sebanyak 20 tanaman pada tiap rangkaian hidroponik sehingga dibutuhkan rangkaian hidroponik DFT dengan panjang pipa PVC 1 meter pada tiap tingkatan dengan 4 tingkatan dan jarak antar tanaman 20 cm pada setiap pipa PVC.



**Gambar 3.4** Rangkaian hidroponik DFT

Persiapan tanaman dilakukan dengan menyiapkan tanaman sebanyak 20 tanaman pada masing-masing rangkaian hidroponik DFT yang terdiri dari 20 tanaman *B. juncea* dan 20 tanaman *B. rapa* dengan kriteria jumlah batang pada tanaman 5-6 helai daun pada setiap *netpot*.

Tanaman *B. juncea* dan tanaman *B. rapa* dibersihkan terlebih dahulu menggunakan air mengalir agar kotoran-kotoran yang berada pada tanaman hilang. Proses aklimatisasi tanaman dilakukan selama lima hari dengan menggunakan air dari limbah penatu yang digunakan pada penelitian yang bertujuan untuk menyesuaikan tanaman dan beradaptasi pada lingkungan baru (Slamet, 2011). Reaktor yang digunakan pada proses aklimatisasi adalah ember dan box dengan menggunakan limbah penatu sebanyak 30 liter.



**Gambar 3.5** Aklimatisasi tanaman

### 3.3.2 Prosedur eksperimen

Eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Limbah penatu yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam bak penampung pada masing-masing rangkaian hidroponik.
2. Tanaman yang sudah diaklimatisasi kemudian dimasukkan ke dalam *netpot* yang telah disediakan.
3. Akar tanaman dimasukkan ke dalam *netpot* hingga mengenai lapisan air dengan kedalaman sekitar 4-6 cm.
4. Rangkaian hidroponik menggunakan pompa aquarium untuk mengaliri air mulai dari pipa teratas hingga pipa paling bawah pada rangkaian.
5. Fitoremediasi dilakukan dengan mengamati efektivitas tanaman dalam pengolahan limbah penatu dengan variasi lama waktu tinggal tanaman. Rangkaian terdiri dari 2 variasi yaitu rangkaian hidroponik DFT dengan menggunakan 20 tanaman *B. juncea* (T1) dan rangkaian hidroponik dengan menggunakan 20 tanaman *B. rapa* (T2), yang masing-masing menggunakan waktu selama 6 hari dan dilakukan pengontrolan limbah

pada bak pengontrolan limbah sebagai pembanding limbah setelah dilakukan proses fitoremediasi dimana limbah pada bak pengontrol (B) dilakukan pengujian pada hari ke 0 (H0B) dan 6 (H6B). Pada masing-masing rangkaian juga diberikan penambahan aerasi (Amara 103 AA) yang berfungsi untuk meningkatkan kadar oksigen pada air limbah. Matriks perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.12 dan matrik bak pengontrol dapat dilihat pada Tabel 3.13.

**Tabel 3.12** Matriks perlakuan penelitian

	T1	T2
H1	H1T1	H1T2
H2	H2T1	H2T2
H3	H3T1	H3T2
H4	H4T1	H4T2
H5	H5T1	H5T2
H6	H6T1	H6T2

**Tabel 3.13** Matriks bak pengontrolan limbah

	B
H0	H0B
H6	H6B

6. Tanaman hanya perlu dilakukan pengontrolan dan tidak dilakukan perlakuan khusus.

### 3.3.3 Proses pengujian COD (SNI 6989.73.2009)

Sampel limbah penatu dengan parameter COD akan dibaca dengan menggunakan metode refluks tertutup secara titrimetri dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pembuatan larutan baku kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) 0,01667 M (*digestion solution*)
  - a. Dilarutkan 4,903 gram ( $K_2Cr_2O_7$ ) yang sudah dikeringkan dengan suhu  $150^\circ C$  dengan waktu selama 2 jam ke dalam air bebas organik 500 ml
  - b. Ditambahkan 167 ml  $H_2SO_4$  pekat dan 33,3 gram  $HgSO_4$ .

- c. Kemudian diencerkan sampai 1000 ml lalu didinginkan dengan suhu ruang.
2. Pembuatan larutan indikator ferroin  
Air bebas organik 100 ml diencerkan dan kemudian dilarutkan dengan 695 mg  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dan 1,10 phenanthrolin monohidrat dengan volume 1,485 gram.
3. Pembuatan larutan asam sulfat  
Dilarutkan Kristal  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  atau 10,12 gram serbuk didalam 1000 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat yang kemudian diaduk hingga merata dan terlarut.
4. Pembuatan larutan asam sulfamat ( $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$ )  
Asam sulfamat sebesar 10 mg ditambahkan pada setiap mg  $\text{NO}_2\text{-N}$  yang ada dalam contoh uji.
5. Pembuatan larutan baku Kalium Hidrogen Ftalat ( $\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$ , KHP)  $\approx$  COD 500 mg/L
  - a. KHP yang sudah digerus secara perlahan lalu dikeringkan sampai menjadi berat konstan pada suhu  $110^\circ\text{C}$
  - b. Dilarutkan KHP 425 mg didalam air bebas organik sebanyak 1000 ml.
  - c. Larutan akan stabil pada kondisi dingin dengan temperatur  $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  selama 1 minggu dan tidak terjadi pertumbuhan mikroba.
6. Pembuatan larutan baku (FAS) Ferro Ammonium Sulfat 0,05 M
  - a. Dilarutkan sebanyak 19,6 gram  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  di dalam air bebas organik 300 ml.
  - b. Kemudian ditambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat sebanyak 20 ml.
  - c. Ditempatkan hingga 1000 ml kemudian didinginkan.
7. Prosedur pengujian COD
  - a. Pada pipet volume contoh uji ditambahkan larutan pereaksi asam sulfat ke dalam ampul atau tabung dan ditambahkan digestion solution seperti yang dinyatakan dalam Tabel 3.14.

**Tabel 3.14** Contoh uji dan larutan pereaksi pada bermacam-macam digestion vessel

Digestion vessel	Contoh Uji (ml)	Digestion solution (ml)	Larutan pereaksi asam sulfat (ml)	Total volume (ml)
Tabung kultur 16 x 100 mm	2,50	1,50	3,5	7,5
20 x 150 mm	5,00	3,00	7,0	15,0
25 x 150 mm	10,00	6,00	14,0	30,0
Standar ampul 10 ml	2,50	1,50	3,5	7,5

- b. Tabung ditutup dan dihomogenkan dengan cara dikocok secara perlahan
  - c. Tabung pada pemanas yang sudah dipanaskan diletakkan dengan suhu 150°C selama 2 jam.
  - d. Contoh uji dilakukan refluk dan didinginkan sampai suhu ruang. Contoh uji sesekali ditutup dan dibuka yang bertujuan untuk mencegah adanya tekanan gas.
  - e. Contoh uji dipindahkan secara kuantitatif pada ampul atau tube ke dalam Erlenmeyer untuk saat titrasi.
  - f. Indikator ferroin sebanyak 1-2 tetes ditambahkan, kemudian dititrasi menggunakan larutan baku FAS hingga terjadi perubahan warna dari hijau-biru menjadi coklat-kemerahan, kemudian dicatat larutan FAS yang telah digunakan.
  - g. Catat volume larutan FAS yang sudah digunakan setelah dilakukan langkah (a) sampai (F) pada air bebas organik sebagai blanko.
8. Perhitungan
- Nilai COD contoh uji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$COD \text{ mg/L} = \frac{(A-B) \times M \times 8000}{\text{mL contoh uji}}, \quad (3.1)$$

dengan A adalah volume larutan FAS yang diperlukan untuk blanko (ml), *M* adalah molaritas larutan FAS, *B* adalah volume larutan FAS yang diperlukan untuk contoh uji (ml), dan 8000 adalah berat miliequivalent oksigen × 1000 ml/L.

### 3.3.4 Proses pengujian TSS (SNI 06.6989.3.2004)

Sampel limbah penatu dengan parameter TSS akan dibaca dengan menggunakan metode gravimetri dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Prosedur Pengujian TSS
  - a. Saringan dibasahi dengan menggunakan air suling, lalu dilakukan penyaring dengan menggunakan alat vakum.
  - b. Sampel diaduk menggunakan pengaduk magnetik sehingga diperoleh sampel yang homogen.
  - c. Sampel diaduk dengan menggunakan magnetik pipet sampel dengan volume tertentu.
  - d. Pencucian kertas saring dilakukan dengan  $3 \times 10$  ml menggunakan air suling, kemudian dilakukan penyaringan menggunakan vakum selama 3 menit sehingga didapatkan hasil penyaringan sempurna, dan dibiarkan kering secara sempurna.
  - e. Kertas saring dipindahkan dengan hati-hati dari alat penyaringan. Apabila cawan *Gooch* digunakan maka cawan dipindahkan dari rangkaian alat dan kemudian dipindahkan pada wadah timbang aluminium sebagai penyangga.
  - f. Kertas saring dipindahkan dan didinginkan dalam desikator yang berfungsi untuk menyeimbangkan suhu lalu ditimbang dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu  $103^{\circ}\text{C}$  sampai  $105^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam.
  - g. Tahap pengeringan, pendinginan pada desikator, dan dilakukan penimbangan diulang sampai diperoleh berat konstan menjadi 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.
2. Perhitungan  
Nilai TSS contoh uji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$TSS \text{ mg/L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, mL}} \quad (3.2)$$

dengan TSS adalah nilai contoh uji (mg/L),  $A$  adalah berat residu kering + kertas saring (mg), dan  $B$  adalah berat kertas saring (mg).

### 3.3.5 Proses pengujian pH (SNI 06.6989.11.2004)

Sampel limbah penatu dengan parameter pH akan dibaca dengan menggunakan alat pengukur pH meter dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Prosedur Pengujian pH
  - a. Elektroda dikeringkan menggunakan tisu kemudian dibilas dengan menggunakan air suling.
  - b. Sampel contoh uji dibilas dengan menggunakan elektroda.
  - c. Elektroda dicelupkan pada sampel contoh uji sampai menunjukkan hasil pembacaan yang tepat.
  - d. Hasil pembacaan skala atau angka pada pH meter kemudian dicatat.

### 3.3.6 Proses pengujian fosfat (SNI 06.6989.31.2005)

1. Pembuatan larutan induk fosfat 500 mg P/L
  - a. Kalium dihidrogen fosfat anhidrat sebanyak 2,195 gram dilarutkan dengan air suling 100 ml pada 1000 ml labu ukur.
  - b. Air suling ditambahkan hingga batas tanda tera kemudian dihomogenkan.
2. Pembuatan larutan baku fosfat 10 mg P/L
  - a. Larutan induk fosfat 500 mg P/L diambil menggunakan pipet 2 ml dan dimasukkan dalam labu ukur 100 ml.
  - b. Air suling ditambahkan hingga batas tanda merah dan dihomogenkan.
3. Pembuatan larutan kerja fosfat
  - a. Larutan baku fosfat sebesar 10 mg P/L diambil menggunakan pipet sebanyak 0 ml; 5ml; 10ml; 20 ml; dan 25 ml kemudian dimasukkan dalam masing-masing labu ukur 250 ml
  - b. Air suling ditambahkan hingga batas tera dan dihomogenkan hingga mendapatkan hasil kadar fosfat 0,0 mg P/L; 0,2 mg P/L; 0,4 mg P/L; 0,8 mg P/L dan 1,0 mg P/L.
4. Pembuatan kurva kalibrasi
  - a. Spektrofotometer dioptimalkan sesuai petunjuk pemakaian.

- b. Larutan kerja menggunakan pipet 50 ml dimasukkan dalam masing-masing Erlenmeyer.
  - c. Indikator fenolftalin ditambahkan sebanyak 1 tetes, apabila terbentuk warna merah muda maka ditambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 5N tetes demi tetes hingga warna hilang.
  - d. Larutan campuran ditambahkan sebanyak 8 ml kemudian dihomogenkan.
  - e. Kuvet dimasukkan dalam alat spektrofotometer, dibaca dan dicatat hasil serapan pada panjang gelombang 880 nm dengan kisaran waktu 10 sampai 30 menit.
  - f. Kurva kalibrasi dibuat dari data yang dihasilkan dan ditentukan persamaan garis.
5. Prosedur
- a. Pipet 50 ml digunakan pada contoh uji secara duplo dan dimasukkan dalam masing-masing Erlenmeyer.
  - b. Indikator fenotfalin ditambahkan sebanyak 1 tetes, apabila terbentuk warna muda maka ditambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 5N tetes demi tetes hingga warna hilang.
  - c. Larutan campuran ditambahkan sebanyak 8 ml kemudian dihomogenkan.
  - d. Sampel dimasukkan ke dalam alat spektrofotometer kemudian dibaca dan dicatat hasil serapan pada panjang gelombang 880 nm dengan waktu antara 10 sampai 30 menit.
6. Perhitungan

$$\text{Kadar fosfat (mg P/L)} = C \times fp, \quad (3.3)$$

dengan C adalah kadar yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L), dan fp adalah faktor pengenceran.

### **3.3.7 Proses pengujian DO (SNI 06.6989.14.2004)**

Sampel limbah penatu dengan parameter DO akan dibaca dengan menggunakan alat pengukur DO meter dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Prosedur Pengujian DO
  - a. Elektroda dikeringkan menggunakan tisu kemudian dibilas dengan menggunakan air suling.
  - b. Sampel contoh uji dibilas dengan menggunakan elektroda.
  - c. Elektroda dicelupkan pada sampel contoh uji sampai menunjukkan hasil pembacaan yang tepat.
  - d. Hasil pembacaan skala atau angka pada DO meter kemudian dicatat.

### **3.3.8 Proses pengujian TDS (SNI. 06.6989.27.2005)**

Sampel limbah penatu dengan parameter DO akan dibaca dengan menggunakan alat pengukur DO meter dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Prosedur Pengujian TDS
  - a. Elektroda dikeringkan menggunakan tisu kemudian dibilas dengan menggunakan air suling.
  - b. Sampel contoh uji dibilas dengan menggunakan elektroda.
  - c. Elektroda dicelupkan pada sampel contoh uji sampai menunjukkan hasil pembacaan yang tepat.
  - d. Hasil pembacaan skala atau angka pada TDS meter kemudian dicatat.

### **3.3.9 Proses pengujian DHL (SNI 06.6989.1. 2019)**

Sampel limbah penatu dengan parameter DHL akan dibaca dengan menggunakan alat konduktometer dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Prosedur Pengujian DHL
  - a. Elektroda dikeringkan menggunakan tisu kemudian dibilas dengan menggunakan air suling.
  - b. Sampel contoh uji dibilas dengan menggunakan elektroda.
  - c. Elektroda dicelupkan pada sampel contoh uji sampai menunjukkan hasil pembacaan yang tepat.
  - d. Hasil pembacaan skala atau angka pada konduktometer kemudian dicatat

### 3.3.10 Proses pengujian kekeruhan (SNI. 06.6989.25.2005)

Prosedur Pengujian Kekeruhan

- a. Alat ukur dikalibrasi
- b. Sampel contoh uji dimasukkan dalam alat pengukuran dan dibiarkan sampai alat menunjukkan nilai pembacaan
- c. Hasil pembacaan skala atau angka pada alat kemudian dicatat.

### 3.4 Perhitungan Efektivitas Penurunan Pencemar

Menurut Trisnawati (2019) Efektivitas persentase penurunan pencemar dapat diketahui dengan persamaan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efektivitas} = \frac{a-b}{a} \times 100\%, \quad (3.4)$$

dengan  $a$  adalah konsentrasi awal sebelum dilakukan pengolahan, dan  $b$  adalah konsentrasi pencemar setelah dilakukan pengolahan.

### 3.5 Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan analisis data statistik dengan *software* SPSS (*Statistical Products and Solution Services*). Analisis data bertujuan untuk memberikan makna yang terkandung pada data yang telah diperoleh dari hasil eksperimen.

#### 1. Analisis regresi linier sederhana

Regresi linier sederhana didasarkan pada hubungan kausal atau fungsional satu variabel dependen dengan satu variabel independen (Sugiyono, 2018). Persamaan umum regresi linier sederhana adalah:

$$Y = a + bx, \quad (3.5)$$

dengan  $Y$  adalah variabel dependen yang diprediksi,  $a$  adalah variabel konstan,  $b$  adalah koefisien regresi, dan  $x$  adalah variabel independen.

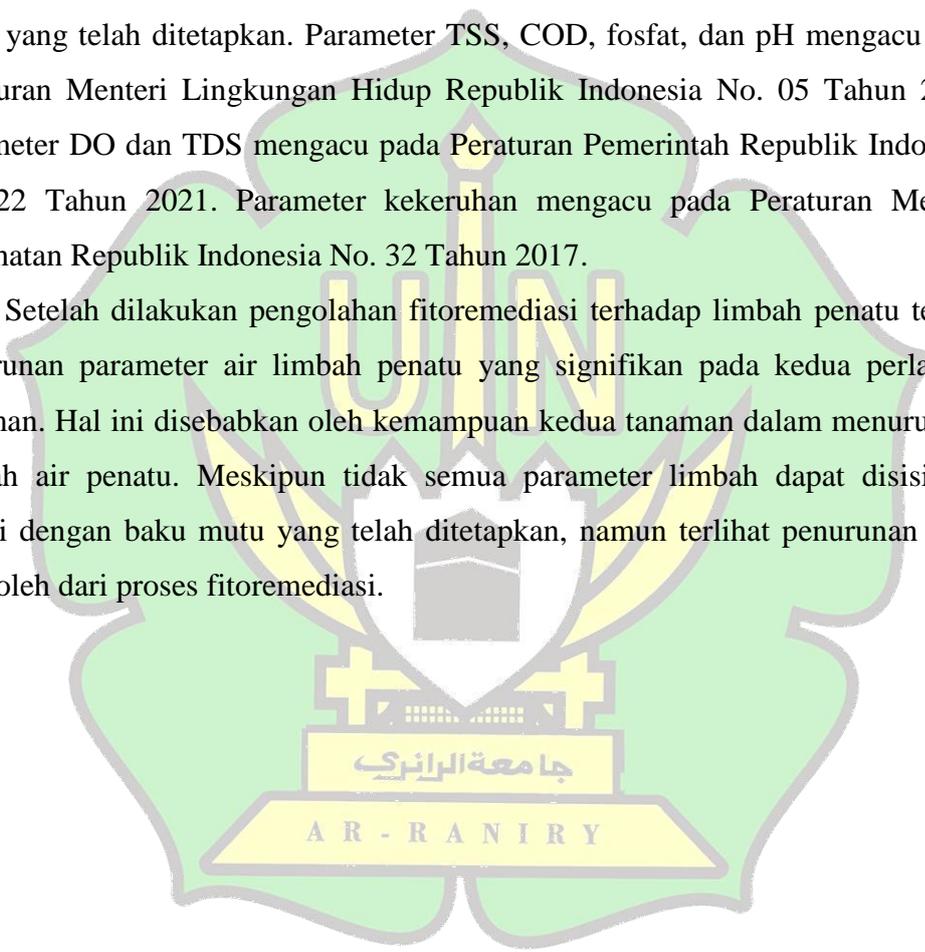
## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil**

Hasil pengujian terdiri dari parameter TSS, COD, DO, pH, TDS, kekeruhan, DHL, dan fosfat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1, serta hasil analisis efektivitas ditunjukkan pada Tabel 4.3. Berdasarkan hasil pengujian sampel awal terhadap parameter, limbah penatu terbukti tercemar dengan merujuk pada baku mutu yang telah ditetapkan. Parameter TSS, COD, fosfat, dan pH mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 05 Tahun 2014. Parameter DO dan TDS mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021. Parameter kekeruhan mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017.

Setelah dilakukan pengolahan fitoremediasi terhadap limbah penatu terjadi penurunan parameter air limbah penatu yang signifikan pada kedua perlakuan tanaman. Hal ini disebabkan oleh kemampuan kedua tanaman dalam menurunkan limbah air penatu. Meskipun tidak semua parameter limbah dapat disisihkan sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan, namun terlihat penurunan yang diperoleh dari proses fitoremediasi.



**Tabel 4.1** Hasil pengukuran setelah pengolahan dengan parameter fosfat, COD, TSS, DO, pH, TDS, kekeruhan, dan DHL dengan menggunakan tanaman sawi *B. juncea* dan *B. rapa*.

Tahapan Perlakuan	Waktu (Hari)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	DO (mg/L)	pH	TDS (mg/L)	Kekeruhan (NTU)	DHL (mS/cm)	Fosfat (mg/L)
Pengujian Awal	0	357	464,0	5,8	9,7	1118	41,08	6,08	26,73
<i>B. juncea</i>	1	254	328,0	6,2	8,0	612	41,01	6,03	7,99
	2	123	246,0	6,6	7,7	586	9,04	0,83	5,13
	3	112	136,5	7,3	7,5	564	4,04	0,76	4,08
	4	82	109,2	7,5	7,4	541	3,63	0,68	2,80
	5	69	81,9	7,7	7,4	411	3,15	0,63	2,68
	6	54	27,3	7,8	7,1	342	3,07	0,42	1,31
<i>B. rapa</i>	1	262	355,0	6,0	8,2	618	41,05	6,06	8,52
	2	162	259,0	6,3	7,8	601	9,20	0,84	6,44
	3	126	191,1	6,8	7,7	596	4,21	0,79	5,58
	4	98	150,2	7,0	7,5	573	3,89	0,71	3,07
	5	78	95,6	7,3	7,2	434	3,76	0,67	2,96
	6	70	54,6	7,6	7,2	387	3,29	0,52	2,95

**Tabel 4.2** Hasil pengukuran pada bak pengontrol dengan parameter TSS, COD, DO, pH, TDS, kekeruhan, DHL, dan fosfat.

Tahapan Perlakuan	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	DO (mg/L)	pH	TDS (mg/L)	Kekeruhan (mg/L)	DHL (mS/cm)	Fosfat (mg/L)
Hari ke 0	357	464,0	5,8	9,7	1118	41,08	6,08	26,73
Hari ke 6	286	450,0	5,7	9,1	1253	42,1	6,20	18,39

**Tabel 4.3** Persentase efektivitas pengolahan limbah dengan parameter TSS, COD, TDS, kekeruhan, dan fosfat

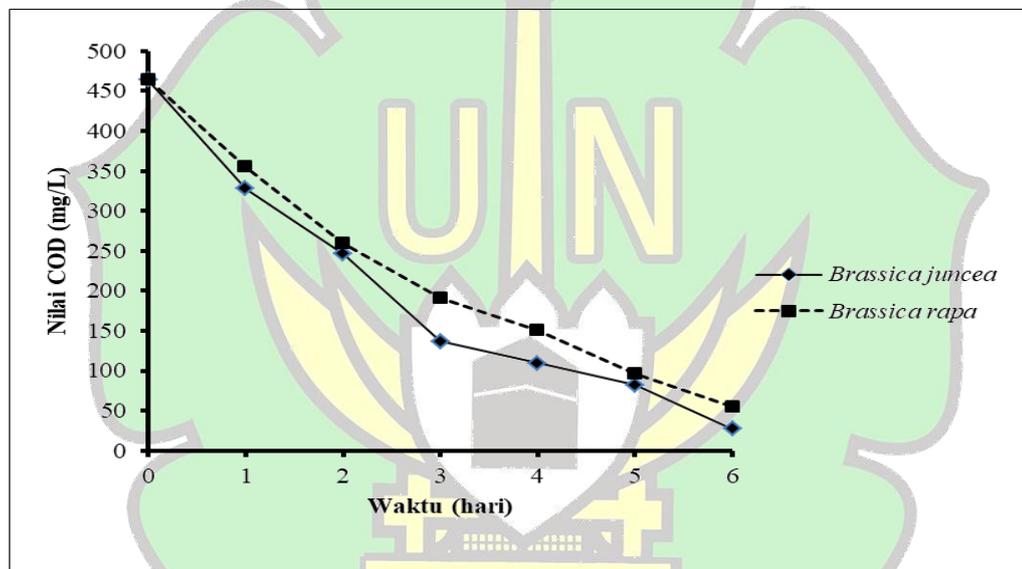
Tahapan Perlakuan	Waktu (Hari)	TSS (%)	COD (%)	TDS (%)	Kekeruhan (%)	Fosfat (%)
Pengujian Awal	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
<i>B. juncea</i>	1	28,8	29,3	45,2	17,0	70,1
	2	65,5	46,9	47,5	77,9	80,8
	3	68,6	70,5	49,5	90,1	84,7
	4	77,0	76,4	51,6	91,1	89,5
	5	80,6	82,3	63,2	92,3	89,9
	6	84,8	94,1	69,4	92,5	95,0
<i>B. rapa</i>	1	26,6	23,4	44,7	7,30	68,1
	2	54,6	44,1	46,2	77,6	75,9
	3	64,7	58,8	46,6	89,7	79,1
	4	72,5	67,6	48,7	90,5	88,5
	5	78,1	79,3	61,1	90,8	88,9
	6	80,3	88,2	65,3	91,9	88,9



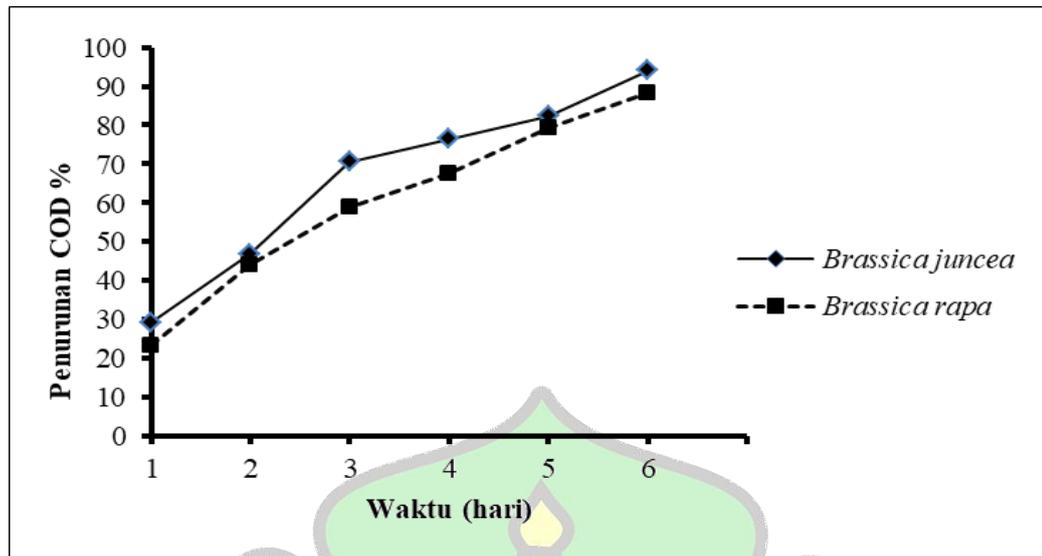
## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Parameter COD

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa kandungan COD terus mengalami penurunan seiring lamanya waktu baik menggunakan tanaman sawi *B. juncea* maupun *B. rapa*. Hasil uji regresi linear sederhana menunjukkan variabel waktu berpengaruh terhadap penurunan COD baik menggunakan tanaman sawi *B. juncea* maupun *B. rapa* (nilai sig masing-masing  $0,000 < \text{probabilitas } 0,05$ ). Dengan perlakuan tersebut, maka diketahui bahwa menggunakan tanaman sawi *B. juncea* dan *B. rapa* efektif dalam proses penyerapan polutan pada limbah penatu terhadap tanaman.



Gambar 4.1 Grafik penurunan COD (mg/L) terhadap waktu (hari)



**Gambar 4.2** Grafik persentase penurunan COD (mg/L) terhadap waktu (hari)

Berdasarkan Gambar 4.1 dan Gambar 4.2, dapat dilihat bahwa pengolahan limbah penatu dengan fitoremediasi menggunakan tanaman sawi *B. juncea* paling efektif pada hari ke-6, nilai COD sebesar 27,3 mg/L dengan efektivitas 94,1%. Sedangkan tanaman sawi *B. rapa* paling efektif pada hari ke-6, nilai COD sebesar 54,6 mg/L dengan efektivitas 88,2%. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman sawi *B. juncea* dan *B. rapa* mencapai batas paling optimal dalam menurunkan kandungan COD. Penurunan kandungan COD dipengaruhi oleh struktur akar dari tiap tanaman. Tumbuhan *B. juncea* mempunyai akar serabut yang cabang-cabangnya menyebar pada rangkaian hidroponik ketika dilakukan perlakuan pengolahan. Sesuai dengan penjelasan Ramadaningrum (2016), akar tanaman dapat menyerap zat-zat polutan yang terdapat pada air limbah. Akar serabut juga banyak mengandung mikroorganisme yang mampu mendegradasi polutan tertentu. Sehingga, kandungan limbah penatu seperti COD mengalami penurunan.

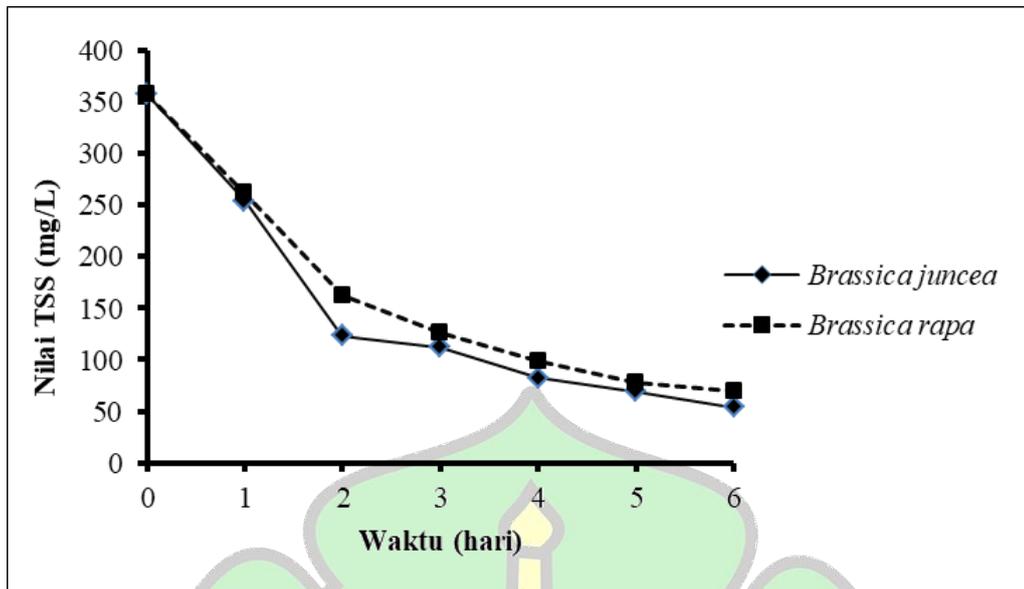
Sedangkan tanaman *B. rapa* mempunyai akar tunggang yang percabangan akarnya tidak terlalu menyebar pada rangkain hidroponik (Sukajat, 2020). Hal ini yang membuat tanaman *B. juncea* lebih mampu menyerap kadar pencemar yang ada pada air limbah penatu dibandingkan dengan tanaman *B. rapa*. Akar tunggang memiliki percabangan akar yang sedikit, sehingga diduga hanya memiliki mikroba yang sedikit pula. Sesuai dengan pendapat Rahadian dkk. (2017) pada

akar tanaman terdapat bakteri *rhizosfer* yang dapat merubah senyawa organik secara aerob dan anaerob menjadi senyawa yang lebih sederhana. Salah satu senyawa yang terkandung dalam limbah penatu adalah fosfat. Fosfat akan menjadi unsur hara bagi tanaman apabila dengan kadar yang tidak berlebihan, kemudian senyawa ini yang akan diserap oleh tanaman menjadi sumber nutrisi (Herlambang dan Hendriyanto, 2015).

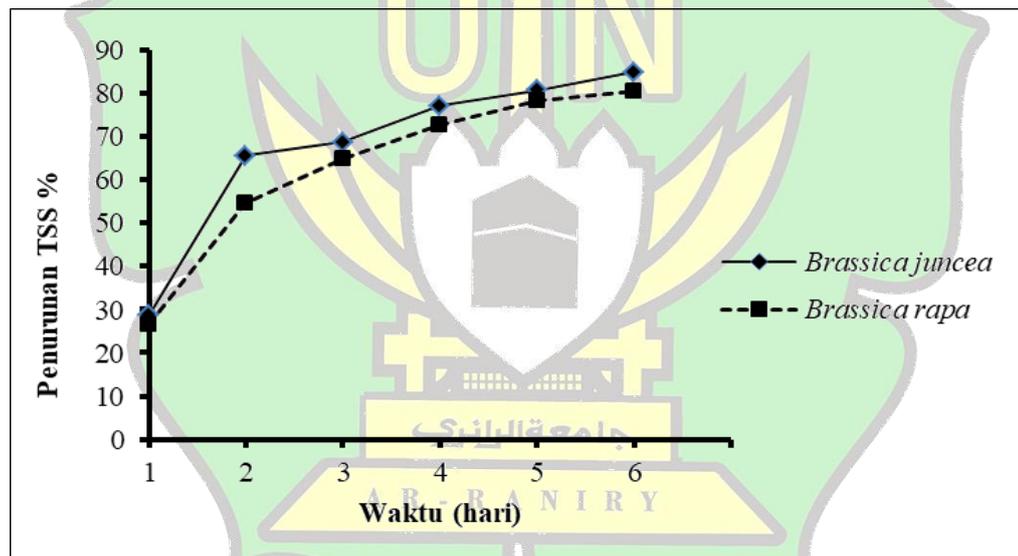
Pengolahan limbah penatu dilakukan dengan sistem hidroponik DFT, dimana air limbah penatu akan terus bersirkulasi secara terus-menerus. Dilakukan juga penambahan aerasi pada tiap rangkaian sehingga dapat menambahkan kadar oksigen pada air limbah penatu. Kadar oksigen yang meningkat inilah yang dapat menurunkan nilai COD sesuai dengan pengertian COD itu sendiri yang merupakan kebutuhan oksigen yang dapat mengurai bahan organik pada air limbah. Hal ini diperkuat dengan adanya penjelasan Wicheisa dkk. (2018) bahwa peningkatan oksigen dapat mempengaruhi penurunan COD. Selain itu, waktu tinggal tanaman juga berpengaruh terhadap penurunan parameter COD yang dihasilkan dari hari ke hari terus menurun pada kedua perlakuan tanaman.

#### 4.2.2 Parameter TSS

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa kandungan TSS terus mengalami penurunan seiring lamanya waktu baik menggunakan tanaman sawi *B. juncea* maupun *B. rapa*. Hasil uji statistik antara waktu (hari) dengan parameter TSS (mg/L) didapatkan hasil bahwa terdapat pengaruh antara waktu (hari) dengan parameter TSS (mg/L). Nilai probabilitas menggunakan tanaman *B. juncea* adalah ( $0,005 < 0,05$ ) sedangkan, nilai probabilitas dari tanaman *B. rapa* adalah ( $0,002 < 0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh antara waktu tinggal tanaman (hari) terhadap parameter TSS (mg/L).



Gambar 4.3 Grafik penurunan TSS (mg/L) terhadap waktu (hari)



Gambar 4.4 Grafik persentase penurunan TSS (mg/L) terhadap waktu (hari)

Berdasarkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4, menunjukkan bahwa hasil eksperimen pengolahan limbah penatu menggunakan tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* berhasil menurunkan kadar konsentrasi nilai TSS setelah dilakukan pengolahan fitoremediasi. Dari hasil pengukuran awal limbah sebelum dilakukan perlakuan adalah 357 mg/L yang masih melebihi standar baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014

tentang Baku Mutu Air Limbah. Setelah dilakukan perlakuan terjadi penurunan kadar TSS dari hari ke 1 hingga ke 6. Hasil penurunan pada tanaman *B. juncea* telah memenuhi baku mutu pada hari ke-6, nilai TSS sebesar 54 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 84,8%. Sehingga sudah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

Sedangkan tanaman *B. rapa* juga mengalami penurunan dari waktu (hari) ke waktu (hari) mulai hari ke 0 hingga ke 6 dengan persentase penurunan yang terus meningkat dari 26,6% hingga 80,3%. Tetapi hasil pengukuran TSS pada *B. rapa* belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Hal ini diduga karena struktur morfologi daun tanaman *B. rapa* lebih kecil dari pada *B. juncea*. Morfologi dari daun *B. rapa* seperti bulat oval (menyerupai sendok). Sedangkan *B. juncea* berbentuk lebar dan bergelombang sehingga penyisihan kadar TSS pada tanaman *B. rapa* tidak terlalu banyak.

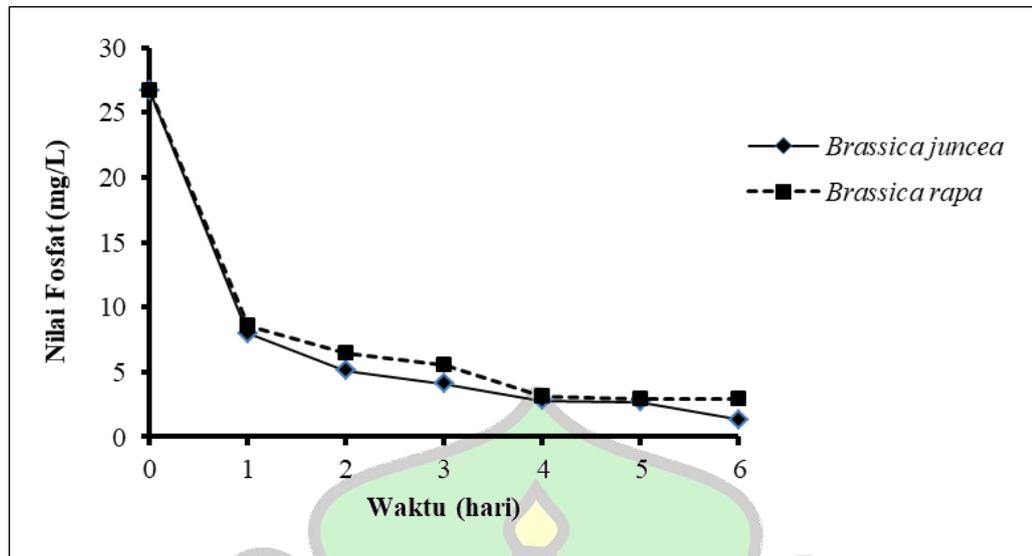
Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa eksperimen pengolahan limbah penatu menggunakan *B. rapa* terjadi penurunan yang landai dari waktu (hari) ke waktu (hari). Sedangkan pada perlakuan *B. juncea* terjadi penurunan yang signifikan. Selanjutnya, penurunan kadar TSS yang paling efektif didapatkan pada perlakuan *B. juncea* pada hari ke 6 dengan nilai 54 mg/L dan sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Kandungan TSS dalam limbah hasil pengolahan juga dipengaruhi oleh morfologi. Pengaruh dari morfologi tanaman terhadap kadar TSS juga diperkuat oleh penjelasan dari Novita dkk. (2019), penurunan kadar TSS dipengaruhi oleh kemampuan penyerapan tanaman dan transpirasi bahan organik pada perluasan permukaan daun pada tanaman itu sendiri. Luas permukaan daun *B. juncea* lebih lebar dari pada luas permukaan daun *B. rapa*. Tidak hanya pada daun, morfologi pada akar juga diduga berpengaruh bagi penyerapan polutan. Gambar 4.3 juga menunjukkan bahwa perlakuan dengan menggunakan tanaman *B. juncea* lebih efisien dibandingkan tanaman *B. rapa*, yang dipengaruhi oleh panjang akar yang terdapat pada tanaman hal ini sesuai dengan pengamatan bahwa akar tanaman *B. juncea* lebih panjang dari *B. rapa*.

Kadar TSS yang mengalami penurunan pada perlakuan *B. juncea* juga dipengaruhi oleh bentuk akar dari tanaman *B. juncea* yang memiliki akar serabut,

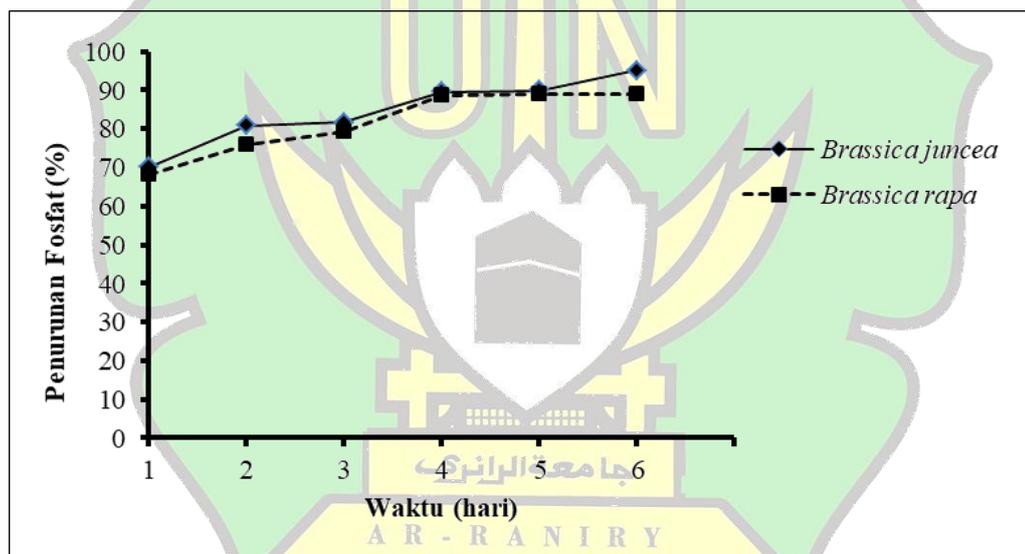
dimana akar serabut inilah yang membuat partikel-partikel koloid menempel pada akar tanaman ketika air bersirkulasi pada rangkaian hidroponik. Semakin banyak akar serabut yang terdapat pada perlakuan maka semakin banyak partikel koloid yang menempel (Simanjuntak, 2019). Hal ini sejalan juga dengan penjelasan dari Fachrurozi dkk. (2010) penurunan kadar TSS juga disebabkan oleh partikel yang terdapat pada limbah penatu dapat mengendap pada bagian akar tanaman. Penurunan kadar TSS juga dibantu oleh kerja bakteri *rhizosfer* yang mendegradasi zat organik yang ada pada bagian akar yang ditandai dengan lendir yang ada pada tanaman (Nurkemalasarini dkk, 2013). Hal ini juga didapatkan ketika eksperimen dan pengamatan pada kedua perlakuan tanaman, dimana ketika dilakukan perabaan pada bagian akar terasa licin. Menurut Ahmadlia (2012), lendir yang terlihat pada akar tanaman inilah yang akan menangkap partikel yang ada pada limbah.

#### 4.2.3 Parameter fosfat

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa kandungan fosfat terus mengalami penurunan seiring lamanya waktu kontak, baik menggunakan tanaman sawi *B. juncea* maupun *B. rapa*. Hasil dari uji statistik antara waktu (hari) dengan parameter fosfat (mg/L) didapatkan hasil bahwa terdapat pengaruh antara waktu (hari) dengan parameter fosfat (mg/L). Nilai probabilitas menggunakan tanaman *B. juncea* adalah ( $0,040 < 0,05$ ). Sedangkan, nilai probabilitas dari tanaman *B. rapa* adalah ( $0,039 < 0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh antara waktu tinggal tanaman (hari) terhadap parameter fosfat (mg/L).



**Gambar 4.5** Grafik penurunan fosfat (mg/L) terhadap waktu (hari)



**Gambar 4.6** Grafik persentase penurunan fosfat (mg/L) terhadap waktu (hari)

Berdasarkan Gambar 4.5 dan Gambar 4.6, dapat dilihat bahwa air limbah penatu sebelum dilakukan perlakuan dengan parameter fosfat bernilai 29,73 mg/L. Hasil ini masih melebihi standar dari baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Setelah dilakukan perlakuan fitoremediasi limbah penatu terhadap tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* telah terjadi perubahan nilai kadar dari fosfat ini sendiri yang

mengalami penurunan dari waktu (hari) ke waktu (hari). Hasil menunjukkan bahwa penurunan pada pengolahan limbah penatu menggunakan tanaman *B. juncea* yang paling besar terjadi di hari ke 6 dengan nilai 1,31 mg/L dan persentase penurunan sebesar 95,0%. Pengolahan menggunakan *B. juncea* memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan terjadi pada hari ke 6.

Sedangkan penurunan fosfat pada pengolahan limbah penatu menggunakan tanaman *B. rapa* yang paling pesat terjadi pula pada hari ke 6 dengan nilai 2,95 mg/L dan persentase penurunan sebesar 88,9%. Kadar fosfat pada perlakuan *B. rapa* belum memenuhi baku mutu. Hal ini diduga karena kemampuan penyerapan tanaman *B. rapa* yang kurang optimal yang disebabkan oleh tanaman *B. rapa* yang sudah memasuki masa jenuh. Hal ini sejalan dengan SNI 7387:2009 bahwa terdapat batas cemaran pada sayuran. Selama pengamatan ketika eksperimen berlangsung terlihat *B. rapa* mengalami perubahan fisik yang ditandai dengan beberapa daun yang menguning dan mengering. Meskipun belum memenuhi baku mutu tetapi, penurunan terus terjadi dari waktu (hari) ke waktu (waktu).

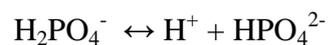
Penurunan kadar fosfat yang paling signifikan terjadi pada hari ke 1, pada hari berikutnya mengalami penurunan yang landai. Hal ini terjadi diduga pada tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* pada saat itu tanaman masih segar, akar tanaman masih kuat dan masih sangat mampu menyerap polutan dengan baik. Pada hari berikutnya penurunan pada kedua perlakuan sudah berjalan landai dikarenakan tanaman mengalami masa jenuh akibat penyerapan kadar polutan yang tinggi.

Sementara itu, penurunan fosfat juga terjadi karena penyerapan polutan pada akar tanaman yang pada penelitian ditandai dengan berubahnya warna akar akibat penyerapan limbah penatu. Hal ini sesuai dengan Ambardini dkk. (2020) yang menjelaskan bahwa terjadinya pendegradasian polutan menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh bakteri *rhizosfer* yang terdapat pada akar tanaman sehingga mampu diserap oleh akar. Penurunan kadar fosfat yang terjadi pada perlakuan *B. juncea* dan *B. rapa* selama 6 hari juga dipengaruhi oleh kekuatan akar dari masing-masing tanaman. Menurut Stefhany dkk. (2013) akar memegang peran penting dalam penyerapan atau mengurangi kontaminan yang ada pada limbah dikarenakan akar dapat menyerap limbah sejauh tanaman mempunyai akar yang

panjang dan banyak percabangan sehingga penyerapan semakin luas dan efektif. Proses penyerapan zat kontaminan yang terdapat pada limbah dilakukan oleh ujung-ujung akar dengan menggunakan jaringan meristem sehingga terjadi gaya tarik-menarik oleh molekul air pada tanaman, kemudian zat yang diserap oleh akar masuk ke batang melalui (*xylem*) dan kemudian diteruskan ke akar (Rusyani, 2014).

Hasil dari pengujian kadar fosfat pada limbah penatu terhadap kedua perlakuan tanaman, didapatkan bahwa tanaman *B. juncea* lebih efektif dibandingkan dengan tanaman *B. rapa* dalam mendegradasi kadar fosfat. Hal ini dipengaruhi oleh kekuatan dari akar *B. juncea* yang berbentuk serabut dalam mendistribusikan polutan. Kemudian selama proses penyerapan limbah penatu ditemukan bahwa terjadinya perubahan fisik pada kedua tanaman yang ditandai dengan menguningnya daun tua pada kedua tanaman. Hal ini sejalan dengan pernyataan Siswandari dkk. (2016) menunjukkan bahwa terjadinya penyerapan fosfat melalui proses *fitoekstraksi* pada proses ini fosfat menuju akar disebabkan oleh proses transpirasi yang kemudian didistribusikan pada berbagai organ tanaman (*translokasi*) sejalan dengan aliran transpirasi.

Meskipun terjadi perubahan fisik, tetapi kedua tanaman mengalami perkembangan pada pucuknya setiap hari pada kedua perlakuan hingga hari ke 6 yang dapat dilihat pada Tabel 4.4. Hal ini sesuai dengan penjelasan dari Rahmawati dkk. (2016) terjadinya proses fotodegradasi yaitu fosfat yang masuk ke dalam jaringan tubuh tanaman akan digunakan untuk proses metabolisme. Menurut Rahmawati dkk. (2016) fosfat yang terdapat pada limbah penatu berbentuk *Natrium tripoliphospat* ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) yang kemudian terjadi hidrolisis dan membentuk *orthopospat* terlebih dahulu kemudian dimanfaatkan menjadi *phosphor* oleh tumbuhan. Dengan perubahan sebagai berikut:



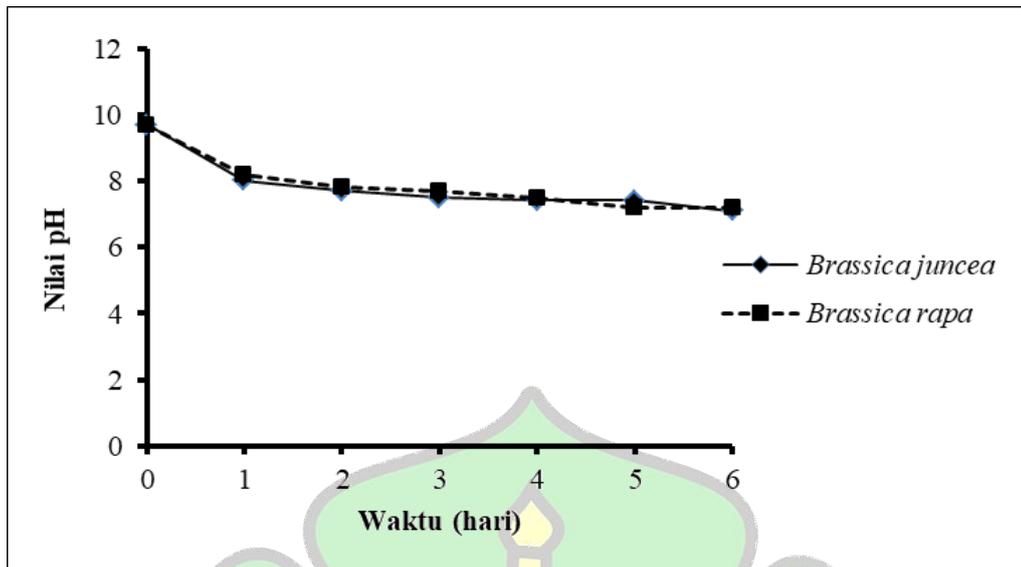
Dari hasil penelitian yang dilakukan bisa dilihat bahwa tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* mampu beradaptasi dan mempunyai daya toleran terhadap fosfat pada limbah penatu hal ini dibuktikan dengan tanaman mampu bertahan hidup selama penelitian berlangsung. Meskipun terjadi perubahan fisik pada tanaman yang ditandai dengan daun menguning dan mengering, tetapi pucuk tanaman mengalami pertumbuhan.

**Tabel 4.4** Pucuk daun *B. juncea* dan *B. rapa*

a) Pucuk Daun <i>B. juncea</i>	b) Pucuk Daun <i>B. rapa</i>
	

#### 4.2.4 Parameter pH

Pada Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa selama penelitian terjadi penurunan terhadap pH dari waktu (hari) ke waktu (hari). Hasil uji statistik membuktikan bahwa adanya pengaruh antara waktu tinggal tanaman (hari) terhadap parameter pH dari kedua perlakuan tanaman. Nilai probabilitas dengan perlakuan *B. juncea* adalah ( $0,023 < 0,05$ ). Sedangkan, nilai probabilitas dengan perlakuan *B. rapa* adalah ( $0,011 < 0,05$ ).



Gambar 4.7 Grafik penurunan pH terhadap waktu (hari)

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa nilai pH pada limbah penatu mengalami perubahan menjadi netral dari hari ke 1 hingga ke 6. Nilai pH berkisar di angka 7 yang menandakan bahwa pH sudah netral dan memenuhi standar baku mutu. Pengukuran awal sebelum dilakukan perlakuan limbah penatu mendapatkan nilai pH sebesar 9,7 yang berarti nilai pH tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Nilai pH yang dihasilkan pada pengukuran awal bersifat basa diduga hal ini diakibatkan oleh kadar detergen yang tinggi. Pengolahan limbah penatu selama 6 hari menunjukkan bahwa hari terakhir (6) pengamatan pH air limbah penatu menggunakan *B. juncea* sebesar 7,8, sedangkan pH air limbah penatu menggunakan *B. rapa* sebesar 7,6. Nilai pH sesudah dilakukan perlakuan sudah memenuhi standar baku mutu dengan kategori aman dan netral sesuai dengan baku mutu dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

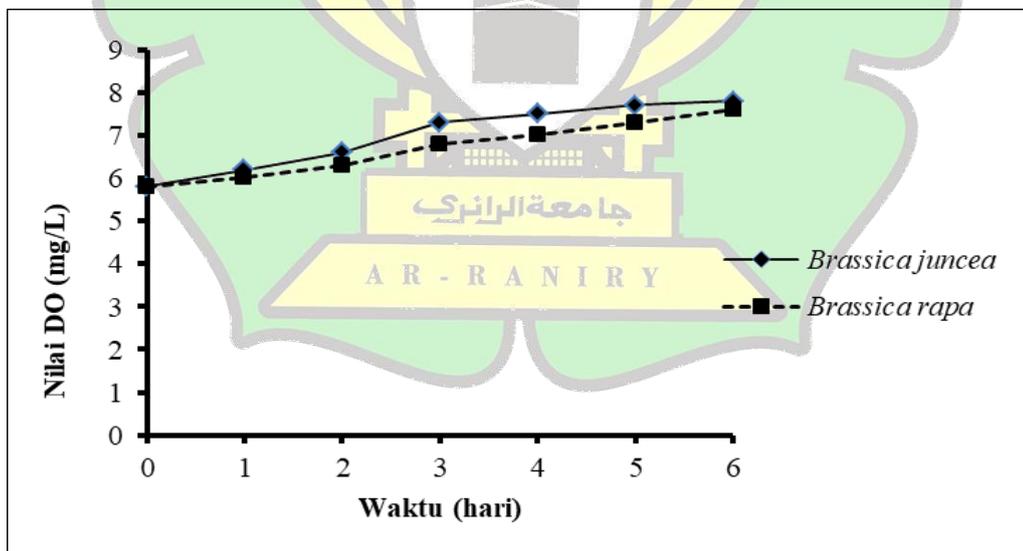
Penurunan pH juga bisa terjadi karena proses degradasi dari bahan-bahan organik yang diakibatkan oleh tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* sehingga membuat bahan organik menurun. Bahan-bahan organik yang terdapat dalam limbah penatu direduksi oleh mikroorganisme yang terdapat pada akar tanaman dengan cara tanaman menyerap bahan organik yang kemudian diakumulasikan ke dalam

struktur tubuh tanaman (Safitri dkk, 2019). Penurunan nilai pH akibat dari terjadinya proses biodegradasi bahan organik ini juga sesuai dengan penelitian dari Retnosari dan Shovitri (2013).

Meskipun nilai pH cenderung mengalami penurunan terhadap limbah penatu tetapi nilai pH masih dalam kondisi netral dan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Hal ini sebanding dengan hasil penelitian Raissa (2017), mengenai pengolahan limbah penatu dengan sistem fitoremediasi yang mendapatkan hasil penelitian dengan nilai pH netral selama proses penelitian. Hasil penelitian Agussetydevy dkk. (2013), juga menyatakan bahwa sistem fitoremediasi dapat menetralkan nilai pH pada air limbah.

#### 4.2.5 Parameter DO

Hasil dari data eksperimen pada Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan kadar DO pada air limbah penatu dari waktu kontak terhadap kedua perlakuan tanaman. Hasil uji regresi linear sederhana menunjukkan variabel waktu berpengaruh terhadap peningkatan DO baik menggunakan tanaman *B. juncea* maupun *B. rapa* ( nilai sig masing-masing  $0,000 < \text{probabilitas } 0,05$ ).



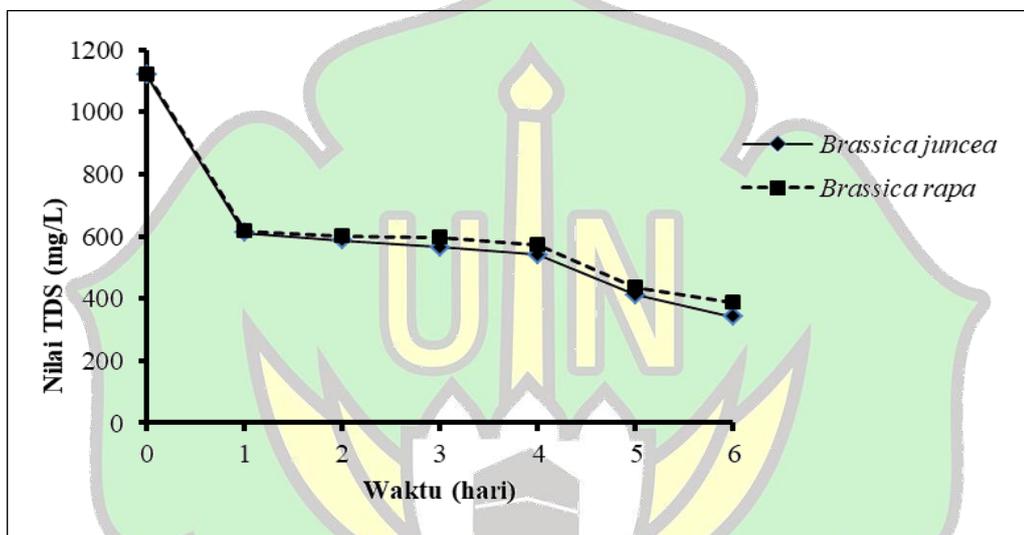
**Gambar 4.8** Grafik peningkatan DO (mg/L) terhadap waktu (hari)

Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai DO sebelum dilakukan perlakuan bernilai 5,8 mg/L hasil ini tidak sesuai dengan standar baku mutu dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Peningkatan nilai DO pada air limbah penatu terjadi secara bertahap dari hari ke 0 hingga ke 6. Pada perlakuan *B. juncea* terjadi peningkatan dengan nilai paling tinggi pada hari ke 6 sebesar 7,8 mg/L dan *B. rapa* mengalami peningkatan paling tinggi pada hari ke 6 dengan nilai sebesar 7,6 mg/L. Kedua perlakuan tanaman ini menghasilkan nilai DO yang meningkat dan telah memenuhi standar dari baku mutu yang telah ditetapkan. Menurut Safitri dkk. (2019), terdapatnya oksigen pada air limbah penatu dikarenakan hasil dari proses fotosintesis dari tanaman dan dihasilkan juga dari proses difusi udara yang masuk dalam air limbah. Meningkatnya nilai DO pada air limbah penatu diduga karena adanya penyuplaian oksigen yang dihasilkan oleh proses fotosintesis dari kedua tanaman yang berlangsung pada rangkaian pengolahan.

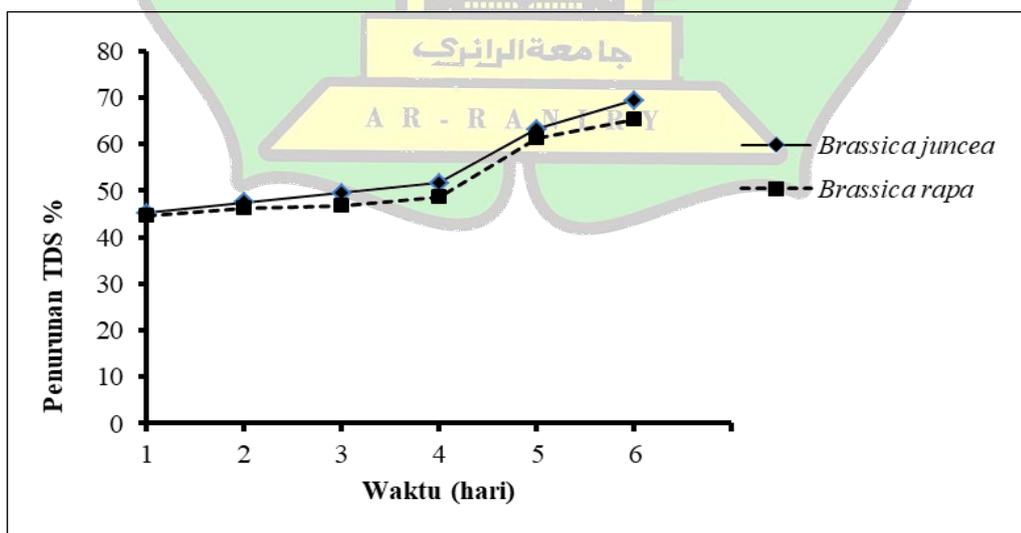
Peningkatan kadar DO pada limbah penatu juga disebabkan oleh adanya pengaruh dari aerasi yang diberikan pada kedua rangkaian. Hal ini sesuai dengan penjelasan Patang dkk. (2019), penambahan aerasi dapat membantu peningkatan nilai DO pada air limbah dikarenakan oksigen disuplai dari aerator sehingga oksigen terlarut di dalam air meningkat. Hal ini juga diduga karena pengolahan limbah penatu dilakukan pada rangkaian hidroponik DFT. Pada hidroponik DFT air bersirkulasi secara terus menerus sehingga adanya oksigen ketika air mengalir dan membuat oksigen yang ada dalam air limbah penatu menjadi merata. Pengaruh lamanya aerasi yang terdapat pada rangkaian pengolahan membuat nilai DO meningkat dan juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian Ningrum dkk. (2014), hasil penelitian menyatakan bahwa penambahan aerasi pada hidroponik DFT membuat peningkatan nilai DO dan berpengaruh pada pertumbuhan sawi.

#### 4.2.6 Parameter TDS

Dari data hasil eksperimen yang terdapat pada Tabel 4.1 dapat dilihat kadar TDS semakin menurun selama 6 hari. Hal ini juga didukung dengan hasil pengolahan data yang menyatakan hasil uji regresi linear sederhana antara waktu (hari) dengan parameter TDS (mg/L). Hasil menunjukkan terdapat pengaruh antara waktu (hari) dengan parameter TDS (mg/L). Hasil dengan perlakuan *B. juncea* adalah ( $0,014 < 0,05$ ) sedangkan, dengan perlakuan *B. rapa* adalah ( $0,018 < 0,05$ ).



Gambar 4.9 Grafik penurunan TDS (mg/L) terhadap waktu (hari)



Gambar 4.10 Grafik persentase penurunan TDS (mg/L) terhadap waktu (hari)

Berdasarkan Gambar 4.9 dan Gambar 4.10, hasil penelitian kandungan TDS awal yang terdapat di dalam air limbah penatu sebesar 1118 mg/L. Hal ini menandakan bahwa nilai awal TDS pada limbah air penatu telah melebihi ambang batas baku mutu sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Setelah dilakukan eksperimen selama 6 hari pada limbah penatu terhadap kedua perlakuan tanaman (*B. juncea* dan *B. rapa*) didapatkan hasil bahwa terjadi penurunan kandungan kadar TDS pada air limbah dari hari ke-0 hingga hari ke-6. Sementara itu, penurunan yang paling efektif pada perlakuan *B. juncea* terjadi pada hari ke-6 sebesar 342 mg/L dengan persentase 69,4%. Hal ini serupa dengan penurunan yang terjadi pada perlakuan *B. rapa* paling efektif terjadi pada hari ke-6 sebesar 387 mg/L dengan persentase 65,3%.

Penurunan kadar TDS pada air limbah penatu diduga karena morfologi akar tanaman yang membantu mempercepat pendegradasian kadar TDS. Hal ini juga dapat dikaitkan dengan mikroorganisme yang terdapat pada akar. Tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* memanfaatkan mikroba pada akar untuk membantu akar dalam proses penyerapan air limbah penatu. Hal ini didukung oleh penjelasan dari Fadhli (2013) penurunan TDS disebabkan oleh aktivitas dari mikroorganisme yang terdapat pada akar tanaman, mikroorganisme mampu melakukan pendegradasian terhadap padatan organik dan anorganik sehingga dapat mereduksi padatan terlarut. Proses penurunan TDS juga dipengaruhi oleh akar tanaman yang bekerja sebagai media penyerapan yang terdapat dalam air limbah, ujung-ujung akar berperan sebagai tempat penyerapan zat polutan (Rusyani, 2014). Berdasarkan penelitian Kustiyaniingsih dan Irawanto (2020), akar tanaman yang lebat dapat berpengaruh pada aktivitas mikroba untuk menurunkan kadar TDS. Hal ini menunjukkan bahwa akar tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* juga terdapat aktivitas mikroba sehingga terjadi penurunan terhadap kadar TDS.

Tidak hanya terjadi pendegradasian pada akar, pengolahan tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* juga terjadinya proses *fitoekstraksi*. Zat yang diserap oleh akar didistribusikan pada bagian tanaman yang lain seperti batang dan daun. Tabel 4.5 menunjukkan tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* kurang baik terhadap proses pertumbuhannya, yang ditandai dengan terdapatnya beberapa tanaman yang

mengalami perubahan fisik seperti layu, menguning dan mengering pada daun tua bagian bawah tanaman. Terjadinya proses *fitoekstraksi* pada tanaman membuat hormon tanaman terganggu sehingga mengganggu aktivitas perkembangannya. Sesuai dengan penjelasan Dewi (2008), terdapatnya senyawa kimia yang berlebihan akibat *fitoekstraksi* dapat merubah ekspresi gen, kemudian mempengaruhi enzim dan mengubah sifat membran. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Nurhidayanti dkk. (2021) menunjukkan hasil bahwa tanaman mengalami klorosis yang berarti tanaman sudah mengalami masa stres akibat penyerapan limbah dengan kadar pencemar yang tinggi.

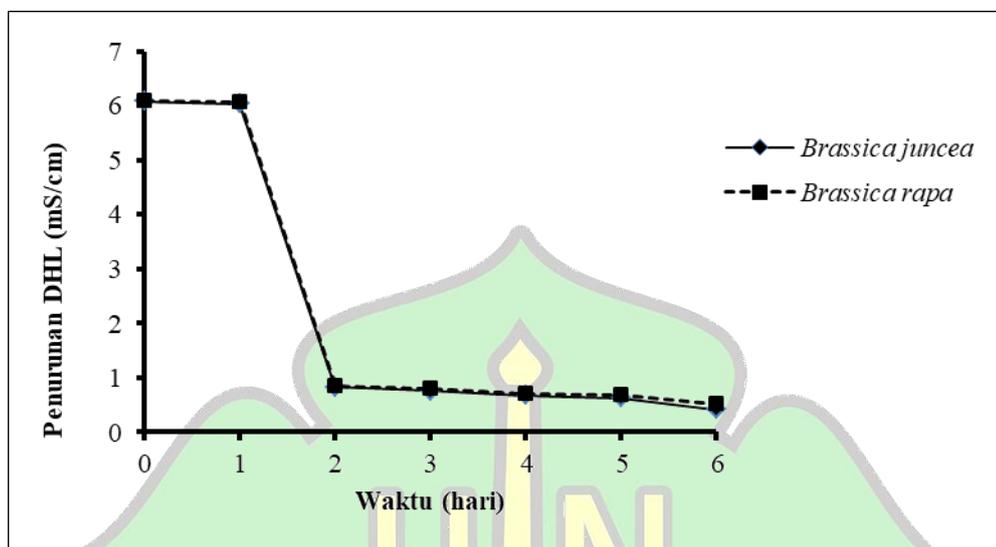
Terjadinya proses *fitoekstraksi* pada kedua perlakuan tanaman juga didukung oleh pendapat Kustiyarningsih dan Irawanto (2020), tanaman juga memanfaatkan batang dan daun dalam proses fitoremediasi. Pada Tabel 4.5 juga dapat dilihat bahwa tanaman *B. juncea* lebih mampu bertoleransi pada limbah penatu dibandingkan *B. rapa*.

**Tabel 4.5** Keadaan fisik tanaman *B. juncea* dan *B. rapa*

a) Tanaman <i>B. juncea</i>	b) Tanaman <i>B. rapa</i>
	

Penurunan kadar TDS pada kedua perlakuan tanaman juga mempengaruhi kadar DHL yang terdapat pada air limbah penatu. Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran kadar DHL sebagai parameter pendukung pada pengolahan limbah penatu. Pada pengukuran awal sampel limbah penatu (H0) nilai DHL sebesar 6,08 mS/cm. Sementara itu, setelah dilakukan pengolahan pada kedua perlakuan tanaman selama 6 hari didapatkan hasil bahwa kadar DHL mengalami

penurunan pada kedua perlakuan tanaman. Berdasarkan Gambar 4.11. penurunan kadar DHL pada air limbah penatu diduga akibat dari pengaruh menurunnya kadar TDS pada air limbah penatu.



**Gambar 4.11** Grafik penurunan DHL (mS/cm) terhadap waktu (hari)

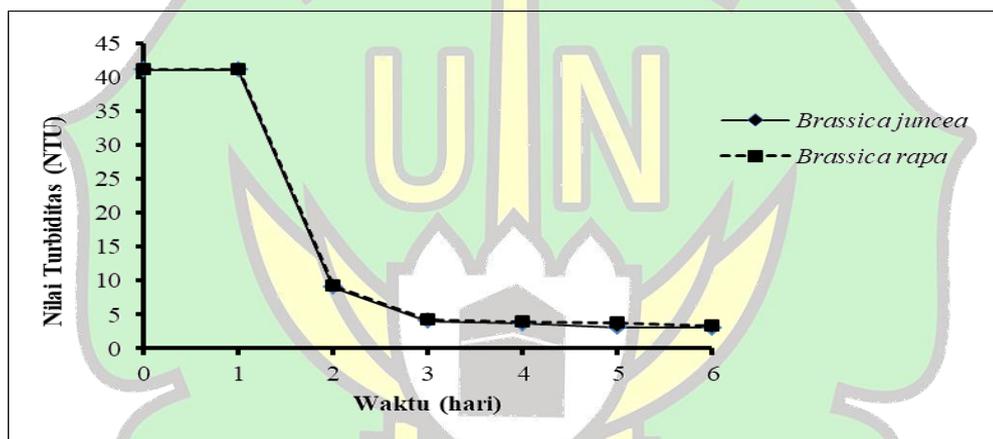
Penurunan nilai DHL diakibatkan oleh tingkat garam terlarut (salinitas) yang terdapat pada air limbah (Retnaningdyah dan Arisoesilaningsih, 2018). Pada proses pendegradasian TDS pada air limbah penatu kedua tanaman dapat menyerap padatan terlarut (garam). Hal ini sesuai dengan pernyataan Widowanti dkk. (2015), bahwa terjadinya proses penyerapan bahan anorganik seperti ion-ion yang terlarut dalam air limbah. Sehingga ketika terjadinya penurunan terhadap nilai TDS, maka nilai DHL juga akan mengalami penurunan. Hasil penelitian Pambudi (2020), juga menjelaskan bahwa adanya keterkaitan nilai TDS dengan nilai DHL yang terdapat dalam suatu air limbah.

#### 4.2.7 Parameter kekeruhan

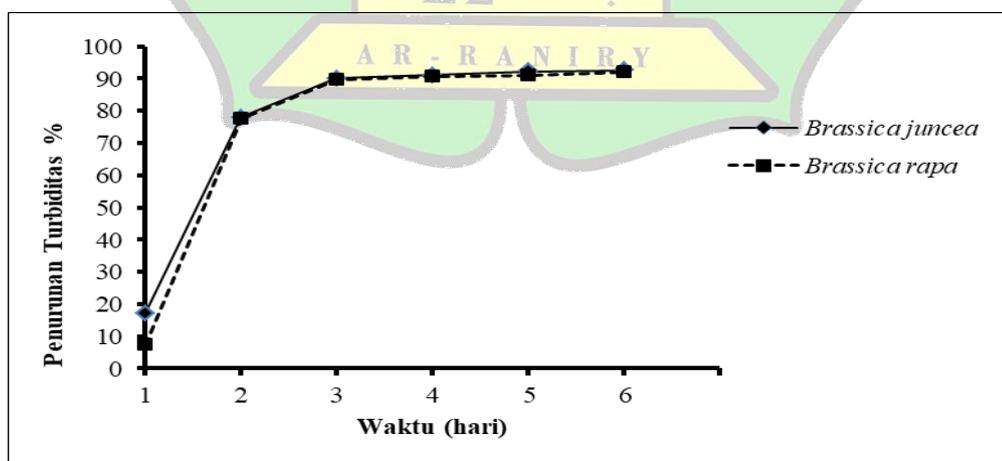
Berdasarkan Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa kadar kekeruhan terus mengalami penurunan seiring lamanya waktu tinggal baik menggunakan tanaman *B. juncea* maupun *B. rapa*. Hasil uji regresi linear sederhana menunjukkan variabel waktu berpengaruh terhadap penurunan kekeruhan baik menggunakan tanaman *B. juncea* maupun *B. rapa* (nilai sig masing-masing  $0,018 < \text{probabilitas}$

0,05). Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh antara waktu tinggal tanaman (hari) terhadap parameter kekeruhan dari kedua perlakuan tanaman.

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil dari konsentrasi nilai kekeruhan limbah penatu di awal sebesar 41,08 NTU. Hasil ini menandakan bahwa air limbah penatu tidak layak dibuang ke lingkungan karena telah melebihi standar baku mutu menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum. Kekeruhan merupakan parameter yang tidak terdapat dalam baku mutu air limbah tetapi, pada penelitian ini digunakan kekeruhan dengan standar air bersih.



Gambar 4.12 Grafik penurunan kekeruhan (NTU) terhadap waktu (hari)



Gambar 4.13 Grafik persentase penurunan kekeruhan (NTU) terhadap waktu (hari)

Berdasarkan Gambar 4.12 dan Gambar 4.13, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan terhadap konsentrasi kadar kekeruhan pada air limbah penatu pada kedua perlakuan tanaman (*B. juncea* dan *B. rapa*). Setelah dilakukan pengolahan terhadap perlakuan tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* selama 6 hari kadar kekeruhan pada air limbah penatu terus menurun. Persentase penurunan terus meningkat pada perlakuan *B. juncea* mulai dari 17,0% sampai dengan 92,5%. Begitu pula yang terjadi pada perlakuan *B. rapa* mulai dari 44,7% sampai dengan 65,3%. Peningkatan persentase penurunan kadar kekeruhan pada air limbah penatu dengan perlakuan *B. juncea* dan *B. rapa* paling efektif terjadi pada hari ke-6 dengan nilai secara berurutan yaitu 92,5% dan 91,9%.

**Tabel 4.6** Perubahan warna sampel limbah penatu dari waktu (hari) ke waktu (hari)

a) Sampel pengolahan <i>B. juncea</i>	b) Sampel pengolahan <i>B. rapa</i>
	

Tabel 4.6 dapat dilihat terjadinya perubahan warna air limbah penatu terhadap kedua perlakuan tanaman. Kondisi awal limbah penatu berwarna biru kecoklatan dan pada hari ke 1 terjadi perubahan warna menjadi kekuningan dan air menjadi lebih jernih hingga hari ke 6 perlakuan. Hal ini mungkin dipengaruhi oleh sistem dari rangkaian hidroponik, dikarenakan air terus mengalir dan bersirkulasi dan akar tanaman dapat menyaring endapan ketika air limbah mengalir. Hal ini sesuai dengan pernyataan Darma (2020), yang menyatakan bahwa akar dari tanaman mampu menyaring endapan tersuspensi pada air limbah yang mengalir. Perubahan warna air limbah penatu terbaik terjadi pada perlakuan *B. juncea* dimana warna air limbah penatu terlihat lebih jernih dibandingkan dengan perlakuan *B. rapa*.

Penurunan kadar kekeruhan pada limbah penatu juga kemungkinan disebabkan oleh kemampuan dari kedua perlakuan tanaman (*B. juncea* dan *B. rapa*) yang dapat menyerap zat pencemar baik pada sedimen maupun badan air. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Taufiq (2020), tanaman dapat menyerap polutan, kemudian diakumulasi menjadi bahan terlarut pada tanaman, sehingga zat tersuspensi yang terdapat pada limbah penatu dapat berkurang. Pada kedua perlakuan juga ditambahkan aerasi yang membantu penyisihan kekeruhan menjadi lebih cepat. Hal ini sesuai dengan pendapat Safrizal (2016), penurunan nilai kekeruhan disebabkan oleh adanya aerasi yang menyebabkan penyuplaian udara dari aerator secara terus-menerus. Sehingga mampu membantu tanaman dalam mendegradasi bahan organik pada limbah penatu.

Penurunan kadar kekeruhan pada air limbah penatu pada kedua perlakuan tanaman juga dipengaruhi oleh jumlah tanaman yang digunakan ketika melakukan pengolahan. Semakin banyak tanaman yang digunakan maka efisiensi penyisihan kadar kekeruhan semakin besar. Hal ini sesuai dengan penjelasan Wibowo dkk. (2019), bahwa jumlah tanaman berpengaruh terhadap penyerapan limbah dikarenakan bahan organik yang diserap oleh tanaman semakin banyak. Penurunan kadar kekeruhan paling efektif terjadi pada perlakuan *B. juncea* dikarenakan kemampuan toleransi *B. juncea* terhadap limbah penatu lebih besar dibandingkan perlakuan *B. rapa*. Hal ini ditandai dengan tanaman *B. rapa* yang lebih banyak mengalami layu, menguning dan mengering dari pada tanaman *B. juncea*. Sehingga, hal ini mengurangi kemampuan tanaman dalam menurunkan kadar kekeruhan. Hasil dari pengolahan terhadap kedua perlakuan tanaman menunjukkan bahwa kadar kekeruhan air limbah penatu sudah memenuhi baku mutu dan aman untuk dibuang ke lingkungan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Efektivitas pengolahan air limbah penatu menggunakan tanaman *B. juncea* dengan sistem hidroponik DFT dalam menurunkan COD adalah 94,1%, TSS adalah 84,8%, fosfat adalah 95,0%, TDS adalah 69,4%, kekeruhan adalah 92,5%, DHL adalah 0,42 mS/cm. Sistem ini juga meningkatkan nilai DO pada interval 6,2 – 7,8 mg/L, dan pH berada dalam interval 7,1-8,0.

Sedangkan pengolahan air limbah penatu menggunakan tanaman *B. rapa* dengan sistem hidroponik DFT dalam menurunkan nilai COD adalah 88,2%, TSS adalah 80,3%, fosfat adalah 88,9%, TDS adalah 65,3%, kekeruhan adalah 91,9%, DHL adalah 0,52 mS/cm. Perlakuan *B. rapa* juga meningkatkan nilai DO pada interval 6,0 – 7,6 mg/L, dan pH berada dalam interval 8,2 – 7,2. Berdasarkan kandungan TSS dan fosfat pada hasil pengolahan dengan perlakuan *B. rapa*, nilai TSS dan fosfat belum mencapai baku mutu yang telah diatur.

#### **5.2 Saran**

Dari hasil penelitian ini dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lanjutan dengan penambahan variasi jumlah tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* terhadap pengolahan limbah penatu.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang penambahan pengaruh suhu, intensitas cahaya, dan debit terhadap efektivitas tanaman *B. juncea* dan *B. rapa* dalam pengolahan limbah.
3. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai penyisihan kadar surfaktan terhadap pengolahan limbah penatu
4. Perlu adanya penelitian mengenai biomassa tanaman terhadap zat pencemar yang terkandung dalam tanaman (*Brassica juncea* dan *Brassica rapa*)

## DAFTAR PUSTAKA

- Agussetyadevy., Imbar., Sumiyati, S., dan Sutrisno, E. (2013). Fitoremediasi Limbah yang Mengandung Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) dengan Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(2), 1-9.
- Agustin, H. Y. (2017). Pengembangan Buku Ajar Fitoremediasi Untuk Mata kuliah Pencemaran Lingkungan. *Jurnal EDUSCOPE*, 03(01)
- Agustin, S. S., Triyono, S., dan Telaumbanua, M. (2017). Sistem Hidroponik Organik Dengan Memanfaatkan Limbah *Effluent* Biogas Industri Tapioka dan Limbah Kolam Lele. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 6(3), 161-170.
- Agustira, R., Lubis, K.S., dan J. (2013). Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai Pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(February), 3–10.
- Ahmadli, D.R. (2012). *Pengaruh Luas Penutupan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) Terhadap Kualitas Kimia dan Fisik Pada Berbagai Konsentrasi Limbah Cair Tahu*. Malang: Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Ainun, N., Aiyen., dan Samuddin, S. (2013). Pengaruh Bahan Organik Pada Tailing Emas Terhadap Pertumbuhan dan Translokasi Merkuri (Hg) Pada Sawi (*Brassica parachinensi L.*) dan Tomat (*Lycopersicum esculentum Mill.*). *Jurnal Agrotekbis*, 1(5), 435-442.
- Aksa, M., Jamaluddin P. J. P., dan Yanto, S. (2018). Rekayasa Media Tanam Pada Sistem Penanaman Hidroponik Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Sayuran. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 2(2), 163.
- Alifah, M. S. (2019). *Respon Tanaman Sawi (Brassica juncea L.) Terhadap Pemberian Beberapa Dosis Pupuk Organik Cair Daun Gamal (Gliricidia sepium)* [Jurusan Agroteknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau].
- Alifia, A.R., dan Ratnawati, R. (2020). Pemanfaatan Effective Microorganism (Em) Limbah Sayur Untuk Pengolahan Limbah Laundry. *Jurnal Envirotek*, 12(2), 106–112.
- Ambardini, S., Ahmad, S.W., dan Amir, A.A. (2020). Fitoremediasi Limbah Laundry kota Kendari Menggunakan Tanaman Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius roxb*). *Jurnal Penelitian Biologi*, 7(2), 1163-1175.
- Anggraeni, D.A. (2019). *Efektivitas Serapan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) oleh Tanaman Kangkung (Ipomea reptans Poir), Sawi*

(*Brassica juncea*) dan Alfalfa (*Medicago sativa L.*) pada Tanah Tercemar Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu). Bandung: Fakultas Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH), Institut Teknologi Bandung.

Asyiah, S. (2013). *Kajian Penggunaan Macam Air dan Nutrisi Pada Hidroponik Sistem DFT (Deep Flow Technique) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Baby Kailan*. Surakarta: Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Baroroh, F. (2017). *Fitoremediasi Air Tercemar Tembaga (Cu) Menggunakan *Salvinia molesta* Dan *Pistia stratiotes* Serta Pengaruhnya Terhadap Budidaya Tanaman *Brassica rapa** (Vol. 4). Malang: Jurusan Agroekoteknologi Universitas Brawijaya.

Berutu, R. (2016). *Analisis Dissolved Oxygen (DO) dan Biological Oxygen Demand (BOD) Pada Air Limbah Industri Menggunakan Metode Winkler*. Medan: Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara.

Darma, A.P. (2020). *Fitoremediasi Total Dissolved Solid (TDS) Pada Limbah Cair Industri Menggunakan Melati Air (*Echinodorus paleaefolius*) dengan Sistem Resirkulasi*. Surabaya: Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Darmawan, A.R.B. (2012). Pengaruh Penggunaan Lumpur Limbah Industri Penyamakan Kulit Terhadap Penyebaran Krom Pada Tanaman Sawi. *Jurnal Majalah Kulit, Karet dan Plastik*, 28(2), 69-78.

Dewi, I.R. (2008). *Peranan dan Fungsi Fitohormon Bagi Pertumbuhan Tanaman*. Bandung: Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.

Dewi, K. (2017). *Pengaruh Perbedaan Jumlah Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa L.*) Pada Sistem Akuaponik Terhadap Hematologi Ikan Nila Merah (*Oreochromis sp.*)* (Vol. 4). Malang: Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan Universitas Brawijaya.

Effendi, H., Amalrullah, U.B., Maruto, D.G., dan Elfida, K.R. (2015). Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias sp.*) Dengan Kangkung (*Ipomoea aquatica*) Dan Pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) Dalam Sistem Resirkulasi. *Jurnal Ecolab*, 9(2), 80–92.

Ernanda, M. Y. (2017). *Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Kandang Ayam dan Pupuk Organik Cair (POC) Urin Sapi*. Medan: Jurusan Agroteknologi Universitas Medan Area.

Fachrurozi, M., Utami, L.B., dan Suryani, D. (2010). Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes L.* Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah

- Cair Tahu Di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Fakultas Kesehatan Masyarakat*, 4(1), 1-75.
- Fadhli, M.F.A. (2020). *Reaktor Portabel untuk Mengolah Air Limbah Laundry dengan Metode Fitoremediasi dan Filtrasi*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Hariato, V., dan Pohan, S.D. (2018). Respon pertumbuhan dan fisiologis tanaman sawi (*Brassica rapa* Var. *Parachinensis*) yang dipapar timbal (pb). *Jurnal Biosains*, 4(3), 154-160.
- Hartarto, F. D. W. (2019). *Rancang Bangun Monitoring Dan Kontrol Pertumbuhan Tanaman Pada Sistem Hidroponik Dft Menggunakan Metode Fuzzy Logic di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Hasta, L., Thoriq, A., dan Sampurno, R.M. 2020. Penerapan Urban Farming dengan Sistem Hidroponik Menggunakan Botol Bekas Melalui Kerja Nyata Mahasiswa (KKNM) Virtual. *Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(2), 115-121.
- Herlambang, P., dan Hendriyanto, O. (2015). Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dan Genjer (*Limnocharis flava* L.). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2), 100-114.
- Hidayanti, N. (2016). Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 14(2), 75.
- Irharni., Pandia, S., Purba, E., dan Hasan, W. (2018). Analisis Limbah Tumbuhan Fitoremediasi (*Typha Latifolia*, Enceng Gondok, Kiambang) Dalam Menyerap Logam Berat. *Serambi Engineering*, III, 344–351.
- Iskandar. (2017). *Pemanfaatan Limbah Media Jamur Tiram Putih Sebagai Kompos Pada Pertumbuhan Tanaman Sawi (Brassica juncea L.)*. Makassar: Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
- Junyo, G., dan Handayanto, E. (2017). Potensi Tiga Varietas Tanaman Sawi Sebagai Akumulator Merkuri Pada Tanah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 4(1), 421-429
- Kasmiasi, S., Kristiani, E.B.E., dan Herawati, M.M. (2018). Pertumbuhan dan Akumulasi Logam Krom Pada Anggota *Brassicaceae* Yang Ditumbuhkan Pada Media Limbah Sludge Tekstil. *Jurnal Prosiding Seminar Pendidikan Biologi*, ISBN. 978-602-61265-2-8, 491-499.
- Khairuddin., Wengkau, W., Puspitasari, D.J., Sosidi, H., dan Inda, N.I. (2021). Adsorpsi Logam Merkuri (Hg) dari Limbah Tanah Tercemar Menggunakan

- Sawi (*Brassica juncea*) pada Berbagai Waktu Tanam. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 7(1), 65-71.
- Krisna, B., Tarwaca, E., Putra, S., Rogomulyo, R., dan Kastono, D. (2017). Pengaruh Pengayaan Oksigen dan Kalsium terhadap Pertumbuhan Akar dan Hasil Selada Keriting (*Lactuca sativa L.*) pada Hidroponik Rakit Apung. *Jurnal Agroteknologi*, 6(4), 14–27.
- Kustiyaningsih, E., dan Irawanto, R. (2020). Pengukuran *Total Dissolved Solid* (TDS) dalam Fitoremediasi Deterjen dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(1), 143-148.
- Kusuma, D. A., Fitria, L., dan Kadaria, U. (2019). Pengolahan Limbah Laundry Dengan Metode Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbr) (Laundry Wastewater Treatment Using Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbr) Method). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 7(1), 001.
- Maliga, I., Asdak, C., dan Lubis, R. A. (2017). Pengendalian pencemaran air limbah domestik menggunakan constructed wetlands teknik surface flow (sf). *Jurnal Kesehatan dan Sains*, 1(September), 28–31.
- Mataram, A., Dn, J., Anisya, N., Nadiyah, N. A., Rizal, S., dan Rachmawati, D. (2019). Penjernihan Air Limbah Penatu (Laundry) Menggunakan Alat Sederhana. *Seminar Nasional AVoER XI*, ISBN 9789791907248, 23–24.
- Mubin, F., Binilang, A., dan Halim, F. (2016). Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Di Kelurahan Istiqlal Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 211–223.
- Muliadi., Liestianty, D., Yanny., dan Sumarna, S. (2013). Fitoremediasi: Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Nikel , Kadmium dan Kromium dalam Tanaman *Ipomoea reptana*. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*, DOI: 10.1314, 1-5.
- Ningrum, D.Y., Triyono, S., dan Tusi, A. (2014). Pengaruh Lama Aerasi Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea L.*) Pada Hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(1), 83-90.
- Novita, E., Hermawan, A.A.G., dan Wahyuningsih, S. (2019). Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Jenis Tanaman Air. *Jurnal Agroteknologi*, 13(1), 16-24.
- Nugroho, A.C., Hamzah, A., dan Soelistriari, H.T. (2020). Penggunaan *Coal Fly Ash* (CFA) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Untuk Perbaikan Tanah Ultisol dan Serapan Logam Berat. *Jurnal Buana Sains*, 20(1), 21-28.

- Nurhidayanti, N., Ardiatma, D., dan Tarnita, T. (2021). Studi Pengolahan Limbah *Greywater* Domestik Menggunakan Sistem Hidroponik dengan Filter Ampas Kopi. *Jurnal Tekno Insentif*, 15(1), 15-29.
- Nurkemalasi, R., Sutisna, M., dan Wardhani, E. (2013). Fitoremediasi Limbah Cair Tapioka dengan Menggunakan tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*). *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, 2(1), 81-92.
- Nur, F. (2013). Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd). *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(1), 74–83.
- Pambudi, I.N. (2020). *Perubahan Parameter Fisika Pada Proses Biodegradasi Limbah Tenun Oleh Bakteri Endofit*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Patang., Nurmila., dan Wahab, M.I.A. (2019). Modifikasi Aerasi Terhadap Peningkatan Oksigen Terlarut yang Mempengaruhi Tingkat Pertumbuhan dan Sintasan Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(2), 65-72.
- Pharmawati, M., Wirasiti, N.N., dan Wahyuni, I.G.A., 2017. Pelatihan Hifroponik di SMAN 1 Denpasar, Bali. Pelatihan Hidroponik di SMAN 1 Denpasar, Bali. *Jurnal Udayana Mengabdikan*, 16(20), 82-86
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2017). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum*.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*. A R - R A N I R Y
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Pramyani, I. A. P., dan Marwati, N. M. (2020). Efektivitas Metode Aerasi Dalam Menurunkan Kadar Biochemical Oxygen demand (BOD) Air Limbah Laundry. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 88–99.
- Prasasti, D., Kusbandari, A., Liling, D., dan Solihah, I. (2020). Pengolahan Air Limbah Penatu Di Pedukuhan Pringgolayan, Banguntapan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. *Jurnal Seminar Nasional Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, ISSN 2686, 813–818.

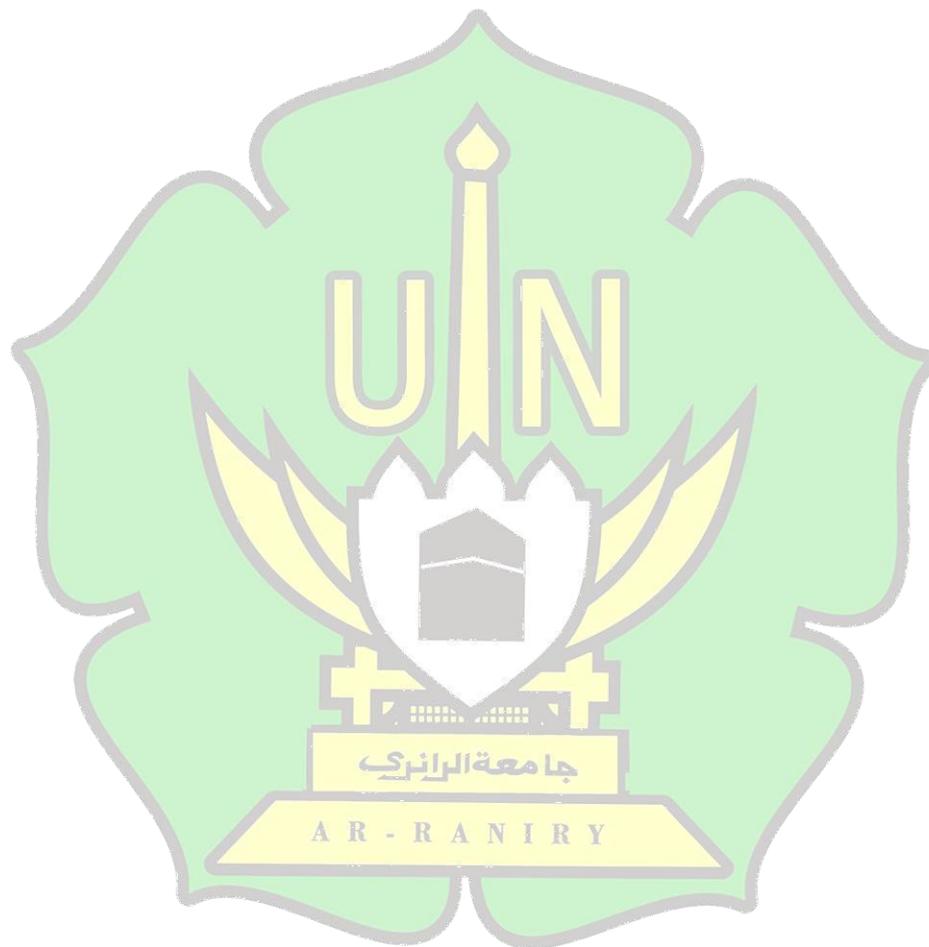
- Putri, I. (2017). *Studi Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Fosfat Pada Air Limbah Menggunakan Biofilter Anaerobik-Aerobik Tercelup dengan Media Bioball*. Sumatera Utara: Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Sumatera Utara.
- Qulub, M. S. (2017). *Pengaruh Perbedaan Jumlah Tanaman Sawi Pakcoy (Brassica rapa L.) Terhadap Sintasan dan Pertumbuhan Ikan Nila Merah (Oreochromis sp.) Dengan Sistem Akuaponik*. Malang: Jurusan Manajemen Sumber Daya Perairan Universitas Brawijaya.
- Rahadian, R., Sutrisno, E., dan Sumiyati, S. (2017). Efisiensi Penurunan COD dan TSS dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) Studi Kasus: Limbah Laundry. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1-8.
- Raharjo, D., Mustamir, E., dan Suryadi, U.E. (2012). Uji Efektivitas Beberapa Jenis Arang Aktif dan Tanaman Akumulator Logam Pada Lahan Bekas Penambangan Emas. *Jurnal Perkebunan dan Lahan Tropika*, 2(2), 15-22.
- Rahmawati, A., Zaman, B., dan Purwono. (2016). Kemampuan Tanaman Kiambang (*Salvina molesta*) dalam Menyisihkan BOD dan Fosfat Pada Limbah Domestik (*Grey Water*) dengan Sistem Fitoremediasi Secara Kontinyu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(4), 1-10.
- Raissa, D.G. (2017). *Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) dan Kayu Apu (Pistia stratiotes)*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Ramadaningrum, L. (2016). *Penentuan Kadar Timbal (Pb) Dalam Sawi (Brassica sp.) Menggunakan Metode Destruksi Basah Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)*. Malang: Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Ratnawati, R., dan Fatmasari, R. D. (2018). Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*) Dan Jengger Ayam (*Celosia plumosa*). *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(2), 62–69.
- Retnaningdyah, C., dan Arisoesilaningsih, E. (2018). Efektivitas Proses Fitoremediasi Air Irigasi Tercemar Bahan Organik Melalui Sistem *Batch Culture* Menggunakan Hidromakrofita Lokal. *Jurnal Biologi Indonesia*, 14(1), 33-41.
- Retnosari, A.A., dan Shovitri, M. (2013). Kemampuan Isolat *Bacillus sp.* dalam Mendegradasi Limbah Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(1), 7-11.

- Rizal, S. (2017). Pengaruh Nutrisi Yang Diberikan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi PAKCOY (*Brassica rapa L.*) Yang Ditanam Secara Hidroponik. *Jurnal Sainmatika*, 14(1), 38-44.
- Ruhmawati, T., Sukandar, D., dan Karmini, M. R. T. (2017). Penurunan Kadar *Total Suspended Solid* (TSS) Air Limbah Pabrik Tahu Dengan Metode Fitoremediasi. *Jurnal Pemukiman*, 12(1), 25–32.
- Rusyani, R. (2014). *Potensi Tumbuhan Genjer Sebagai Agen Fitoremediasi Pada Limbah Yang Mengandung Logam Timbal (Pb)*. Gorontalo: Jurusan Pendidikan kimia Fakultas Matematika dan IPA Universitas Negeri Gorontalo.
- Sa'ad, N.S., Artanti, R., dan Dewi, T. (2019). Fitoremediasi untuk Rehabilitasi Lahan Pertanian Tercemar Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu). *Jurnal Tanah dan Iklim*, ISSN. 1410-7244, 59-66.
- Sabrina., Ndobe, S., Tis, M., dan Tobigo, D. T. (2018). Pertumbuhan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) Pada Media Biofilter Berbeda. *Jurnal Penyuluhan Perikanan Dan Kelautan*, 12(3), 215–224.
- Safitri, M., Mukarlina., dan Setyawati, T.R. (2019). Pemanfaatan *Lemna minor L.* dan *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle untuk Memperbaiki Kualitas Air Limbah Laundry. *Jurnal Protobiont*, 8(1), 39-46.
- Safrizal, M.R. (2016). *Pengaruh Biomassa Eceng Gondok dan Aerasi Terhadap Penurunan Konsentrasi Limbah Cair Pengolahan Kopi*. Jember: Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.
- Santiagi, R.A., Mulyana, dan I., Maesya, A. 2017. Aplikasi Panduan Budidaya Tanaman Hidroponik Berbasis WEB. *Jurnal Online Mahasiswa*, 1(1), 1-11.
- Santoso, U., Mahreda, E.S., Shadiq, F., dan Biyatmoko, D. (2014). Pengolahan Limbah Cair Sasirangan Melalui Kombinasi Metode Filtrasi dan Fitoremediasi Sistem Lahan Basah Buatan Menggunakan Tumbuhan Air Yang berbeda. *Jurnal EnviroScienteeae*, 10(3), 157-170.
- Simanjuntak, D.S. (2019). Penurunan Kadar TSS Pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Rumput Vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*). *Jurnal Ready Star*, ISSN. 2686-6641, 70-73.
- Siswandari, A.M., Hindun, I., dan Sukarsono. (2016). Fitoremediasi Phosfat Limbah Cair Laundry Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus paleaefolius*) dan Bambu Air (*Equisetum hyemale*) Sebagai Sumber Belajar Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 2(3), 222-230.
- Slamet. 2011. Perkembangan Teknik Aklimatisasi Tanaman Kedelai Hasil Regenerasi Kultur In Vitro. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(2), 48-54.

- Stefhany, C.A., Sutisna, M., dan Pharmawati, K. (2013). Fitoremediasi Fosfat dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (*Laundry*). *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, 1(1). 13-23.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan RdanD*. Alfabeta.
- Sukajat, N. K. (2020). *Pengaruh Kombinasi Serbuk Sabut Kelapa dan Arang Sekam Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa subsp. chinensis*) Pada Sistem Hidroponik DFT (Deep Flow Technique)*. Surabaya: Jurusan Biologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Suprabawati, A., dan Fudiasta, Y. (2015). Fitoremediasi Logam Berat Cd (II), Cr (VI) dan Pb (II) dalam Tanah dengan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica rapa var.parakinensis*). *Jurnal Prosiding SNIJA*, ISBN. 978-602-70361-1-6, 388-391.
- Susana, R., dan Suswati, D. (2013). Bioakumulasi dan Distribusi Cd Pada Akar dan Pucuk 3 jenis Tanaman Famili *Brassicaceae*: Implementasinya Untuk Fitoremediasi. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 20(2), 221-228.
- Susanawati, L. D., Wirosodarmo, R., dan Santoso, G. A. (2016). Pemanfaatan Limbah Cair Greywater untuk Hidroponik Tanaman Sawi (*Brassica juncea*). *Jurnal Sumber Daya Alam Lingkungan*, 3(2), 14-20.
- Susiyanti, S. (2015). *Fitoremediasi Lahan Tercemar Logam Berat Pb dan Cd Menggunakan Konsorium Inokulan Mikroba Berbasis Kompos Radiasi*. Jakarta: Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Tagentju, I. A., Paserang, A., dan Harso, W. (2018). Akumulasi Nikel Pada Akar dan Tajuk Tumbuhan Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*), Bunga Matahari (*Helianthus annus L.*) dan Sawi Hijau (*Brassica rapa L.*) Pada Tanah Terkontaminasi Nikel. *Journal of Science and Technology*, 7(3), 298-303.
- Taufiq, M. (2020). *Unjuk Kerja Reaktor Ecological Floating Bed (EFB) dengan Penambahan Media Penyangga Spons Poliuretan untuk Penyisihan Padatan Tersuspensi (TSS) dan Padatan Terlarut (TDS) Pada Air Limbah Greywater*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Tindaon, F., Sumihar, S.T.T., dan Naibaho, B. (2013). Fitoremediasi Logam Berat Menggunakan Berbagai Jenis Tanaman Sayuran Pada Tanah Mengandung Lumpur Kering Limbah Domestik Kota Medan. *Jurnal Prosiding*, ISBN. 978-602-17664-1-5, 757-765.
- Tripama, B., dan Yahya, M. R. (2018). Respon Konsentrasi Nutrisi Hidroponik

- Terhadap Tiga Jenis Tanaman Sawi (*Brassica juncea L.*). *Agritrop : Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 16(2), 237.
- Trisnawati, Np. N. (2019). Fitoremediasi Dengan Tanaman Pacing (*Speciosus cheilocostus*) Untuk Menurunkan Kandungan Cr Limbah Cair Laboratorium. *Jurnal Cakra Kimia*, 7, 204–209.
- Utami, A. R. (2013). Pengolahan Limbah Cair Laundry Dengan Menggunakan Biosand Filter dan Activated Carbon. *Jurnal Teknik Sipil Untan*, 13(1), 59–72.
- Utami, T.S.B., Hasan, Z., Laksmini, Syamsuddin, M.L., dan Hamdani, H. (2019). Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Koi (*Cyprinus carpio*) dengan beberapa Tanaman Sayuran Dalam Sistem Resirkulasi Akuaponik. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10(2), 81-88.
- Wachjar, A., dan Anggayuhlin, R. (2013). Peningkatan Produktivitas dan Efisiensi Konsumsi Air Tanaman Bayam (*Amaranthus tricolor L.*) pada Teknik Hidroponik melalui Pengaturan Populasi Tanaman. *Buletin Agrohorti*, 1(1), 127–134.
- Wahyuni, N.A. (2019). *Potensi Tumbuhan Monokotil dan Dikotil sebagai Bioakumulator Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Lahan Pertanian*. Makassar: Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar.
- Waluyo, L. (2018). *Bioremediasi Limbah*. Universitas Muhammadiyah: Malang.
- Wicheisa, F.V., Hanani, Y., dan Astorina, N. (2018). Penurunan Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Limbah Cair *Laundry* Orens Tembalang Dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(6), 135-142.
- Widowati, H., Sari, K., dan Sulistiani, W.S. (2015). Profil Logam Berat Cd, Cr (VI) dan Pb Pada Lokasi Berbeda Di Provinsi Lampung Serta Bioakumulasinya Pada Tanaman Pangan. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(2), 112-121.
- Wijayanti, N.Q., Rosyidah, A., dan Lestari, M.W. (2020). Efek Pemberian Dosis Timbal (Pb) Terhadap Morfologi dan Pertumbuhan 2 Jenis Tanaman Sayuran. *Jurnal Agronisma*, 8(1), 167-181.
- Wirawan, W.A., Wirosedarmo, R., dan Susawati, L.D. (2014). Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dengan Teknik Tanam Hidroponik Sistem DFT (Deep Flow Technique). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 1(2):65.
- Wuran, V., Febriani, H., dan Subagiyono, S. (2018). Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) Terhadap Penurunan Kadar Fosfat Pada Air

Limbah Usaha Penatu. *Jurnal Kesmas (Kesehatan Masyarakat) Khatulistiwa*, 5(2), 42.



## LAMPIRAN I JADWAL PENELITIAN

Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (Minggu)																							
	Bulan Februari 2021				Bulan Maret 2021				Bulan April 2021				Bulan Mei 2021				Bulan Juni 2021				Bulan Juli 2021			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur	■	■	■	■																				
Penyusunan Proposal	■	■	■	■	■	■	■	■																
Uji Pendahuluan Tanaman					■	■	■	■																
Seminar Proposal									■	■	■	■												
Revisi Proposal									■	■	■	■	■	■	■	■								
Persiapan Tanaman																	■	■	■	■				
Persiapan alat hidroponik DFT																					■			
Aklimatisasi																								
Pengambilan sampel																					■			
Pengukuran sampel awal																					■			
Eksperimen fitoremediasi																					■	■		
Pengukuran sampel																					■	■		
Analisis data																					■	■	■	■
Penyusunan Tugas Akhir																					■	■	■	■
Sidang (Munaqasyah)																								■

## LAMPIRAN II

### Alat Pada Proses Penelitian

Alat yang digunakan dalam proses penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1 Alat eksperimen , pada Tabel 2 COD, pada Tabel 3 TSS, Tabel 4 pH, pada Tabel 5 fosfat, pada Tabel 6 DO, pada Tabel 7 TDS, pada Tabel 8 DHL, dan pada Tabel 9 kekeruhan di bawah ini:

**Tabel 1** Alat yang digunakan dalam proses eksperimen

No	Nama Alat	Jumlah
1	Pipa PVC ½ inc (100 cm)	2 buah
2	Pipa PVC 1 ½ inc (100 cm)	8 buah
3	<i>Netpot</i>	40 buah
4	Pompa air aquarium dan aerator (Amara 103 AA)	2 buah
5	Drum	2 buah
6	Gayung	1 buah
7	Gunting	1 buah
8	Kertas label	1 bungkus
9	Spidol	1 buah
10	Jerigen	2 buah
11	Botol Plastik (1500 ml)	14 buah

**Tabel 2** Alat yang digunakan dalam pengujian sampel COD (SNI 6989.73.2009)

No	Nama Alat
1	Erlenmeyer
2	Magnetik stirrer
3	Mikroburet

4	Gelas piala
5	Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg
6	Labu ukur 1000,0 ml dan 100,0 ml
7	Pipet ukur 5 ml, 10 ml, dan 25 ml
8	Pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung ( <i>heating block</i> )
9	Digestion vessel
10	Pipet volumetrik 5,0 ml, 10 ml, dan 25 ml

**Tabel 3** Alat yang digunakan dalam pengujian sampel TSS (SNI 06.6989.3.2004)

No	Nama Alat
1	Pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung ( <i>heating block</i> )
2	Labu ukur 1000,0 ml dan 100,0 ml
3	Erlenmeyer
4	Magnetik stirrer
5	Gelas piala
6	Mikroburet
7	Digestion vessel
8	Pipet volumetrik 5,0 ml, 10 ml, dan 25 ml
9	Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg
10	Pipet ukur 5 ml, 10 ml, dan 25 ml

**Tabel 4** Alat yang digunakan dalam pengujian pH (SNI 06.6989.11.2004)

No	Nama Alat
1	Gelas piala 250 ml
2	Kertas tissue
3	pH meter dan perlengkapannya
4	Termometer
5	Pengaduk gelas atau magnetic
6	Timbangan analitik

**Tabel 5** Alat yang digunakan dalam pengujian sampel fosfat (SNI 6989.31.2005)

No	Nama Alat
1	Timbangan Analitik
2	Spektrofotometer
3	Labu Ukur 100 ml; 500 ml; 1000 ml
4	Pipet Volumetrik 2 ml; 5 ml; 10 ml; 20 ml; 25 ml
5	Gelas piala 1000 ml
6	Pipet Tetes
7	Gelas Ukur 25 ml dan 50 ml
8	Erlenmeyer 125 ml
9	Pipet Ukur 10 ml

**Tabel 6** Alat yang digunakan dalam pengujian DO (SNI 06.6989.14.2004)

No	Nama Alat
1	Gelas Ukur
2	Kertas tissue
3	DO meter dan perlengkapannya

**Tabel 7** Alat yang digunakan dalam pengujian TDS

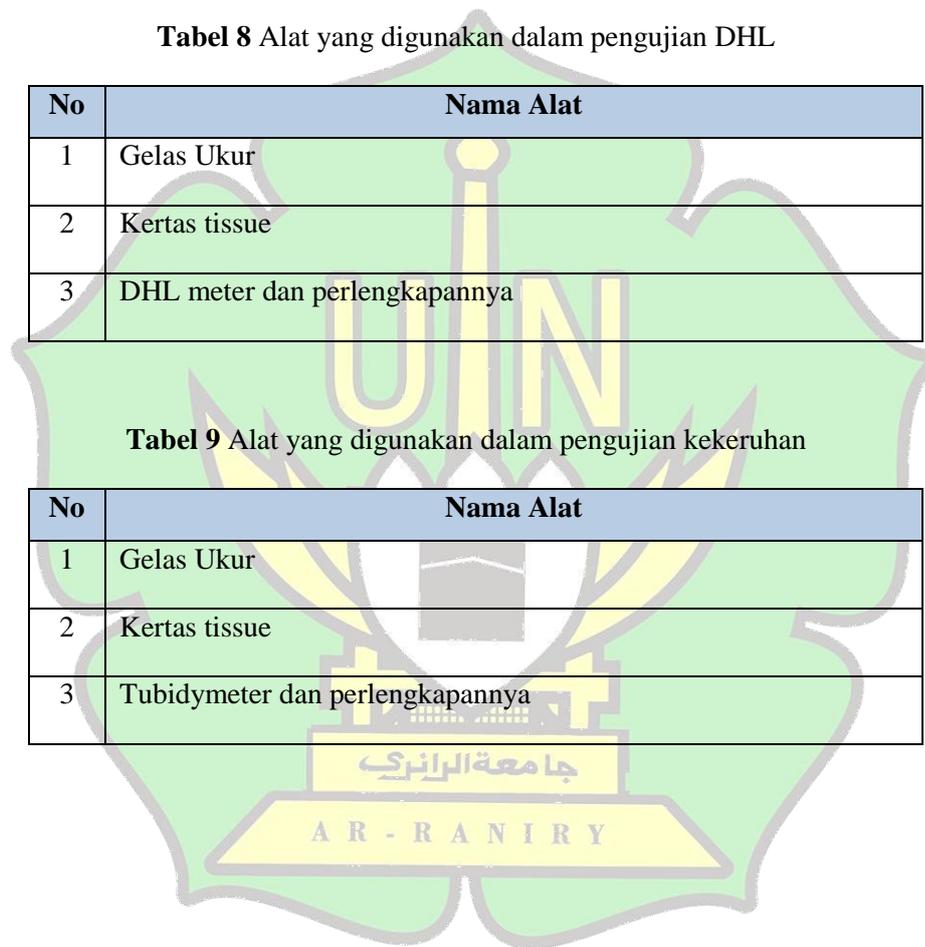
No	Nama Alat
1	Gelas Ukur
2	Kertas tissue
3	TDS meter dan perlengkapannya

**Tabel 8** Alat yang digunakan dalam pengujian DHL

No	Nama Alat
1	Gelas Ukur
2	Kertas tissue
3	DHL meter dan perlengkapannya

**Tabel 9** Alat yang digunakan dalam pengujian kekeruhan

No	Nama Alat
1	Gelas Ukur
2	Kertas tissue
3	Tubidymeter dan perlengkapannya



### LAMPIRAN III

#### PENGARUH HARI DENGAN PARAMETER

#### 1. Pengaruh hari dengan parameter COD

- *Brassica juncea*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	26.069	1	26.069	67.489	.000 <sup>b</sup>
	Residual	1.931	5	.386		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), CODbj

- *Brassica rapa*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	26.970	1	26.970	130.916	.000 <sup>b</sup>
	Residual	1.030	5	.206		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), CODbr

#### 2. Pengaruh hari dengan parameter TSS

- *Brassica juncea*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	22.854	1	22.854	22.208	.005 <sup>b</sup>
	Residual	5.146	5	1.029		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), TSSbj

- *Brassica rapa*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	24.270	1	24.270	32.533	.002 <sup>b</sup>
	Residual	3.730	5	.746		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), TSSbr

### 3. Pengaruh hari dengan parameter fosfat

- *Brassica juncea*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	16.914	1	16.914	7.628	.040 <sup>b</sup>
	Residual	11.086	5	2.217		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), fosfatbj

- *Brassica rapa*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	16.952	1	16.952	7.672	.039 <sup>b</sup>
	Residual	11.048	5	2.210		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), fosfatbr

### 4. Pengaruh hari dengan parameter pH

- *Brassica juncea*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	18.991	1	18.991	10.540	.023 <sup>b</sup>
	Residual	9.009	5	1.802		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), pHbj

- *Brassica rapa*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	21.248	1	21.248	15.734	.011 <sup>b</sup>
	Residual	6.752	5	1.350		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), pHbr

## 5. Pengaruh hari dengan parameter DO

- *Brassica juncea*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	26.428	1	26.428	84.057	.000 <sup>b</sup>
	Residual	1.572	5	.314		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), DObj

- *Brassica rapa*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	27.740	1	27.740	533.028	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.260	5	.052		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), DObr

## 6. Pengaruh hari dengan parameter TDS

- *Brassica juncea*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	20.501	1	20.501	13.668	.014 <sup>b</sup>
	Residual	7.499	5	1.500		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), TDSbj

- *Brassica rapa*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	19.714	1	19.714	11.895	.018 <sup>b</sup>
	Residual	8.286	5	1.657		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), TDSbr

## 7. Pengaruh hari dengan parameter kekeruhan

- *Brassica juncea*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	19.792	1	19.792	12.057	.018 <sup>b</sup>
	Residual	8.208	5	1.642		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), kekeruhanbj

- *Brassica rapa*

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	19.705	1	19.705	11.878	.018 <sup>b</sup>
	Residual	8.295	5	1.659		
	Total	28.000	6			

a. Dependent Variable: Hari

b. Predictors: (Constant), kekeruhanbr

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

Gambar	Keterangan
	<p>Pengambilan sampel limbah penatu</p>
	<p>Proses penuangan limbah penatu ke dalam jerigen</p>
	<p>Proses pemindahan tanaman ke dalam rangkaian hidroponik</p>



Proses pembuatan reaktor  
aklimatisasi



Proses aklimatisasi tanaman



Proses pengolahan menggunakan  
*B. rapa*



Proses pengolahan menggunakan  
*B. juncea*



Proses pengambilan sampel limbah  
penatu



Proses pengukuran TDS, DHL, dan  
pH.



Proses pengukuran kekeruhan



Proses pengukuran DO



Proses pengukuran COD



Proses pengukuran TSS



Proses pengovenan kertas saring

## LAMPIRAN V DATA HASIL UJI FOSFAT



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
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: [ltpk@che.unsyiah.ac.id](mailto:ltpk@che.unsyiah.ac.id)

### LEMBAR HASIL UJI Nomor: 130/JTK-USK/LTPKL/2021

Nama Pelanggan : Yesi Monica  
 Alamat Pelanggan : Lueng Bata-Banda Aceh  
 Tanggal di Terima : 9 Juli 2021  
 Jenis Contoh Uji : Air Limbah Binatu  
 Tanggal di Analisa : 15 Juli 2021  
 Parameter Analisa : Fosfat (sebagai PO<sub>4</sub>)  
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa  
 Baku Mutu : Lampiran X Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

No.	Kode Contoh Uji	Satuan	Baku Mutu*	Hasil Analisa	Ket.
1.	H0	mg/l	0,002	26,730	
2.	H1T1	mg/l	0,002	7,996	
3.	H1T2	mg/l	0,002	8,521	
4.	H2T1	mg/l	0,002	5,133	
5.	H2T2	mg/l	0,002	6,442	
6.	H3T1	mg/l	0,002	4,080	
7.	H3T2	mg/l	0,002	5,585	
8.	H4T1	mg/l	0,002	2,805	
9.	H4T2	mg/l	0,002	3,075	
10.	H5T1	mg/l	0,002	2,689	
11.	H5T2	mg/l	0,002	2,967	
12.	H6T1	mg/l	0,002	1,316	
13.	H6T2	mg/l	0,002	2,951	
14.	H6 Control	mg/l	0,002	18,396	

\*Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Sabun, Deterjen Dan Produk-Produk Minyak Nabati



AR-RANIRY