

TA/TL/2022/1538

TUGAS AKHIR

**UNJUK KERJA AERATED dan FLOATING WETLAND
KOMBINASI DENGAN KONSORSIUM BAKTERI UNTUK
REMOVAL KANDUNGAN LOGAM TSS dan WARNA PADA
AIR LIMBAH TENUN**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



EKA CARISA WIDYA ARDELIA

18513131

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022



TUGAS AKHIR

UNJUK KERJA AERATED dan FLOATING WETLAND KOMBINASI DENGAN KONSORSIUM BAKTERI UNTUK REMOVAL KANDUNGAN LOGAM, TSS dan WARNA PADA AIR LIMBAH TENUN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



Disusun Oleh :
EKA CARISA WIDYA ARDELIA
18513131

Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng

NIK : 165131306

Tanggal : 9 September 2022

Dosen Pembimbing II

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D

NIK : 185130401

Tanggal : 9 September 2022

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Dr. Eng. Awaluddin Nurmianto, S.T., M.Eng

NIK 095130403

Tanggal : 27 Oktober 2022

HALAMAN PENGESAHAN

UNJUK KERJA *AERATED* DAN *FLOATING* WETLAND KOMBINASI DENGAN KONSORSIUM BAKTERI UNTUK REMOVAL KANDUNGAN LOGAM TSS DAN WARNA PADA AIR LIMBAH TENUN

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Senin

Tanggal: 17 Oktober 2022

Disusun Oleh:

EKA CARISA WIDYA ARDELIA

18513131

Tim Penguji:

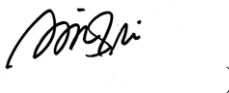
Dr.Joni Aldilla Fajri,S.T.,M.Eng

()

Dewi Wulandari,S.Hut.,M.Agr.,Ph.D

()

Annisa Nur Lathifah,S.Si.,M.Biotech,Ph.D

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program software komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



Eka Carisa Widya Ardelia

NIM: 18513131

PRAKATA

Allhamdulillahirabbil alamin penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayanya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulis laporan tugas akhir tentang Unjuk Kerja Aerated dan Floating Wetland Kombinasi dengan konsorsium Bakteri Untuk Removal Kandungan Logam TSS dan Warna. Laporan skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar sarjana di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan Tugas akhir ini penulis banyak mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, semangat dan dorongan, pada kesempatan ini penulis akan menyampaikan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, nikmat dan hidayah dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Pembimbing Tugas Akhir Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri.,S.T.,M.Eng dan Ibu Dewi wulandari,S.Hut.,M.Agr.,Ph.D. yang telah sangat sabar membimbing dan banyak meluangkan waktu untuk membantu menyelesaikan tugas akhir ini
3. Laboran laboratorium Teknik Lingkungan,Bapak Tasyono, Mas Bagus,Mba Tika, Mba Diah yang telah banyak membantu dan membimbing pada saat penulis menjalankan penelitian.
4. Kedua orang tua tercinta mami carisa dan papi carisa yang selalu memberikan semangat dan dukungan yang selalu pengertian dengan anaknya.
5. Teman satu genk penulis yang selalu mau berbagi dan menyemangati, dan selalu mengajak pergi bermain
6. Teman 1 TA penulis Amara, Alma, Dimas yang sudah bertahan sejauh ini
7. Nabil Mushthafa yang mendengarkan keluhan penulis setiap hari
8. Teman – teman 1 tingkat program Studi Teknik Lingkungan angkatan 2018 yang selalu memberikan bantuan dan dukungan selama masa kuliah

9. Motor Beat penulis yang telah mengantar kesana dan kemari penulis selama 4 tahun masa kuliah penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk membuat laporan ini menjadi jauh lebih baik. Semoga laporan ini dapat menjadi referensi dan berguna bagi banyak orang nusa dan bangsa.

Yogyakarta, 15 Agustus 2022



Eka Carisa Widya Ardelia





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

EKA CARISA WIDYA ARDELIA. Unjuk Kerja Aerated dan Floating Wetland Kombinasi dengan konsorsium Bakteri untuk Removal Kandungan Logam ,TSS dan Warna pada air limbah tenun. Di bimbing oleh Dr.Joni Aldilla Fajri dan Dewi Wulandari.

Pada pembuatan tenun air digunakan dalam jumlah banyak sehingga limbah yang dihasilkan menjadi banyak. Maka dari itu digunakan pengolahan khusus untuk air limbah tenun yaitu dengan metode *Aerated* kombinasi dengan *Floating* wetland menggunakan tanaman vetiver dan konsorsium bakteri. Tujuan penggunaan metode ini untuk mengurangi kadar logam,TSS dan warna pada limbah tenun. Air limbah yang dialirkan kedalam reaktor yang sudah ditambah bakteri dan tanaman vetiver yang sudah diaklimatisasi selama 85 hari.Pengujian sampel dilakukan pada hari ke 0, 4, 11, 18 dan 25. Hasil penelitian didapat Hasil pengujian menunjukkan penggunaan Aerated dan Floating kombinasi dengan tanaman vetiver dan bakteri endofit dapat menurunkan kadar Logam , Menurunkan kadar TSS 2,13% – 94% , dan Kadar Warna hingga 13,55% – 95,35% , penelitian ini menunjukkan Aerated dan Floating wetland menggunakan tanaman vetiver kombinasi bakteri endofit ,berpotensi untuk mengurangi kadar logam TSS dan warna.

Kata Kunci: Air Limbah tenun , *Aerated Wetland* , *Continous wetland* , *Floating Wetland* , Vetiver *Zizanioides*.

ABSTRACT

EKA CARISA WIDYA ARDELIA. *Performances of Aerated and Floating Wetland Using Vetiver Plants Combination With consortium Bacteria to Reduce Metal, Total Suspended Solid (TSS) and Color.* Supervised by Joni Aldilla Fajri and Dewi Wulandari.

The manufacture of weaving is used water in large quantities so that the resulting waste can be produce a lot. Therefore, a special water treatment is used for weaving wastewater , that is aerated method with a combination of floating wetland using vetiver plants and consortium bacteria. The purpose of using this method is to reduce heavy metal content , Total Suspended Solid (TSS) and color. Waste water that flows into the reactor which has been added with bacteria and vetiver plants have been acclimatized for 85 days. Sampel testing was carried out on day 0,4,11, 18 and 25 . The result show that the use of aerators and floating combination with vetiver plants and endphytic bacteria can reduce metal levels, reduce TSS from 2,13% – 94% and color level up to 13,55% – 95,35% . This study shows that aerated and floating wetland using vetiver plants combined with endophytic bacteria have the potential to reduce metal content , Total Suspendedn Solid , and Color.

Keywords: *aerated wetland , Continous wetland , floating wetland, , Vetiver Zizanioides , Weaving wastewater*

DAFTAR ISI

Table of Contents

HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	1
<i>ABSTRACT</i>	2
DAFTAR ISI.....	3
DAFTAR TABEL.....	6
DAFTAR GAMBAR.....	7
BAB I PENDAHULUAN.....	9
1.1 Latar Belakang.....	9
1.2 Rumusan Masalah.....	11
1.3 Tujuan.....	12
1.4 Manfaat.....	12
1.5 Ruang Lingkup.....	12
1.6 Sasaran Penelitian.....	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	14
2.1 Gambaran Industri Tenun di Indonesia.....	14
2.2 Dampak Limbah industri Tenun Bagi Lingkungan.....	16
2.3 Floating Wetlands.....	17
2.4 Aerated Wetlands.....	17
2.5 Vetivera Zizanioides.....	18
2.6 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	19

2.7 Logam	20
2.8 Zat Warna	20
2.9 <i>Endophytic</i> Bacteria	22
2.10 Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	31
3.2 Alur Penelitian	31
3.3 Inokulasi Bakteri.....	33
3.4 Kultur Bakteri	34
3.5 Persiapan reaktor.....	36
3.5.1 Aerated dan floating wetland.....	36
3.5.2 Aklimatisasi Tanaman <i>Vetiver zizanioides</i>	37
3.5.3 Running reaktor dan sampling.....	40
3.6 Pembuatan Air Limbah Tenun.....	40
3.7 Specific Bacteria Number	41
3.8 Pengujian Karakteristik Limbah Tenun Buatan.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Karakteristik Air Limbah	46
4.2 Kondisi Reaktor	47
4.3 Analisis parameter	51
4.3.1 Zat warna.....	51
4.3.2 Logam Cr.....	54
4.3.3 Logam Cu	56
4.3.4 Logam Cd	58
4.3.5 Logam Pb.....	59

4.3.6 Total Suspended Solid (TSS)	61
4.3.7 Specific Bacteria Number.....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	73



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik dan baku mutu Air Limbah Tekstil.....	16
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu.....	23
Tabel 3. 1 – Pengujian Parameter.....	44
Tabel 4. 1 – Karakteristik Air Limbah Tenun	46
Tabel 4. 2 – Tinggi Tanaman Sebelum Running.....	47
Tabel 4. 3 – Karakteristik Bakteri yang digunakan dan persentase removal yang di identifikasi oleh peneliti sebelumnya.....	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kerangka Berfikir	11
Gambar 2. 1 Proses Produksi Tenun	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	32
Gambar 3. 2 Pembuatan Media Nutrien Agar	33
Gambar 3. 3 Streak Bakteri	34
Gambar 3. 4 Kultur Bakteri	35
Gambar 3. 5 Kultur Bakteri	36
Gambar 3. 6 Skema reaktor Aerated dan Floating wetland.....	37
Gambar 3. 7 Diagram alir pemberian bakteri kedalam reaktor Aerasi.....	38
Gambar 3. 8 Diagram alir Pemberian bakteri pada reaktor Floating.....	38
Gambar 3. 9 Proses Aklimatisasi Tanaman akar wangi	39
Gambar 3. 10 Setelah Dilakukan Proses Aklimatisasi tanaman akar wangi Selama 85 hari	39
Gambar 3. 11 – Pembuatan Limbah Tenun Buatan.....	41
Gambar 3. 12 – Pengenceran Limbah Tenun	42
Gambar 3. 13 - Pembuatan media untuk specific Bacteria Number	43
Gambar 4. 1 Tanaman dan Reaktor Sebelum Running	49
Gambar 4. 2 Akar Tanaman Floating Sebelum Running	49
Gambar 4. 3 Tanaman Setelah Running Reaktor	50
Gambar 4. 4 Gambar Akar Setelah Running	50
Gambar 4. 5 Grafik Konsentrasi Warna	51
Gambar 4. 6 Grafik Effisiensi Removal Warna.....	53
Gambar 4. 7 Grafik Konsentrasi Logam Cr	55
Gambar 4. 8 Grafik Konsentrasi Logam Cu.....	56
Gambar 4. 9 Grafik Konsentrasi Logam Cd.....	58
Gambar 4. 10 Grafik Konsentrasi Logam Pb	60
Gambar 4. 11 Grafik Konsentrasi TSS	61
Gambar 4. 12 Grafik Effisiensi Reduksi.....	62
Gambar 4. 13 Grafik Konsentrasi Total Bakteri Pada Reaktor Aerasi dan Floating.....	64



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu warisan budaya itu adalah tenun (Rifayanti et al., 2019), karena banyaknya industri tenun di Indonesia memberikan dampak yang ditimbulkan yaitu masalah pencemaran lingkungan yang cukup besar. Kota Jepara merupakan kota perdagangan industri tenun, Salah satu industri tenun di Jepara yaitu tenun Troso yang terkenal dan produktif. Masih banyak industri tenun Troso yang membuang limbah ke parit-parit dan sungai (Nuha et al., 2016). Pencemaran lingkungan yang terjadi di sebabkan oleh penggunaan warna sintesis dalam pewarnaan kain tenun (Najih, 2019).

Penggunaan pewarna pada industri tenun membuat dampak terhadap lingkungan dikarenakan peningkatan jumlah bahan pencemar yaitu senyawa organik yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Melani,2017). Zat warna pada limbah tenun akan berdampak pada lingkungan seperti berkurangnya estetika suatu perairan serta dapat menghalangi penetrasi sinar matahari sehingga mengganggu kehidupan biota air. .

Pada pembuatan tenun digunakan air dalam jumlah yang banyak sehingga air limbah tenun yang dihasilkan pun menjadi banyak. Air limbah tenun mengandung senyawa kimia seperti logam, TSS, COD, BOD, ammonia, naftol, senyawa Azo dan Red Azo. Penggunaan pewarnaan sintetik mempunyai dampak yang buruk terhadap lingkungan yaitu bersifat karsinogenik. Pewarna sintetik banyak mengandung logam berat seperti kromium (Cr),Timah (Sn),Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) (Wiraningtyas et al., 2019).

Saat ini limbah Textile dari pabrik industri tenun yang harus dibuang ke perairan, menjadi permasalahan yang harus di pecahkan agar tidak menimbulkan dampak yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan sekitarnya (Aka et al., 2017). Maka dari itu dibutuhkan teknologi yang tepat untuk pengolahan khusus untuk air limbah textile yang mengandung logam dan

senyawa organik lainnya, yaitu dengan metode *Aerated Wetland* dan *Floating Wetland* menggunakan rumput *Vetivera (Vetiver zizanioides)* dengan bantuan bakteri.

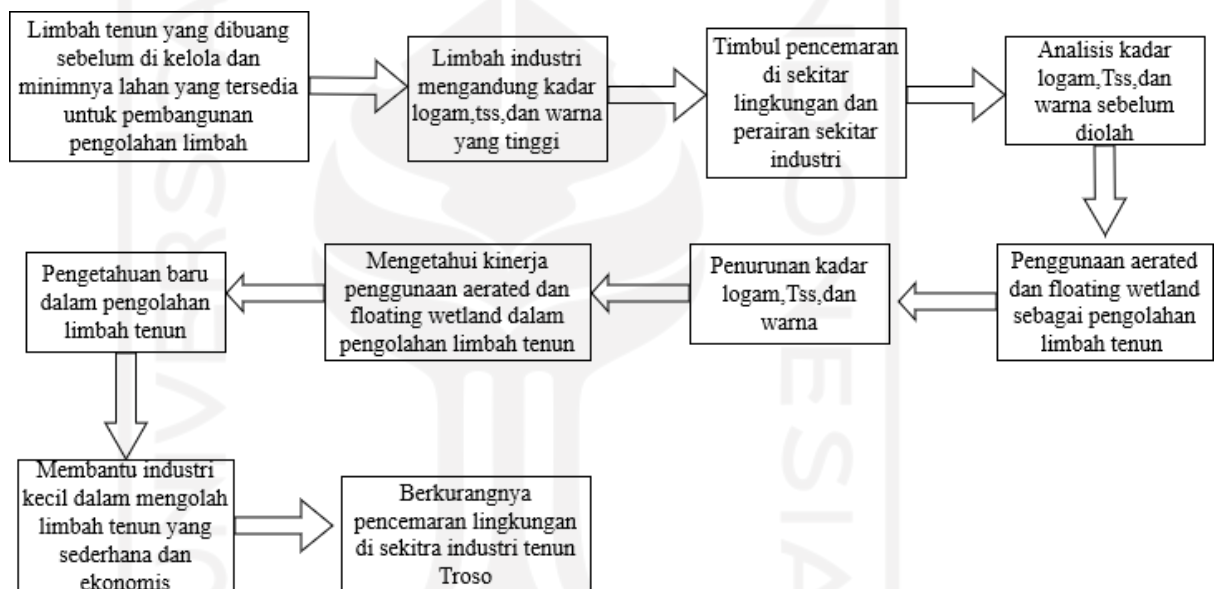
Pengolahan limbah menggunakan sistem *constructed wetland* dengan penambahan aerasi menjadi rekomendasi untuk pengolahan limbah textile, dengan penambahan aerasi pada *constructed wetlands* dapat meningkatkan penyisihan kandungan pencemar dalam limbah (Hidayah et al., 2018). Studi sebelumnya menunjukkan senyawa azo di dalam proses anaerob sangat mudah diubah ke amina aromatik, namun amina aromatik menghambat proses degradasi selanjutnya, sehingga proses degradasi dilanjutkan sebagian besar oleh aerob (Ong et al., 2011). Metode *floating* adalah metode yang menggunakan media air dan tanaman yang ditanam disuatu media yang mengapung sehingga dapat menggantung di dalam air (Pusparinda & Santoso, 2016), *floating treatment* digunakan untuk meremediasi kandungan logam (Pusparinda & Santoso, 2016). Dalam treatment ini akan digunakan tanaman yaitu rumput vetiver (*Vetivera zizanioides*).

Tanaman *Vetivera zizanioides* adalah tanaman hiperakumulator logam yang dapat menyerap atau akumulasi yang tinggi terhadap logam berat. *Vetiveria zizanioides* juga toleran terhadap panas, pH tanah yang ekstrim dan juga toleran terhadap logam seperti As, Cd, Cu, Cr dan Ni (Livia et al., 2016). Rumput vetiver juga mampu tumbuh dengan berbagai macam kondisi lingkungan, dan tanaman vetiver juga digunakan sebagai tanaman penahan longsor.

Penelitian sebelumnya telah mengevaluasi tanaman vetiver dan bakteri dalam mengurangi kadar logam dan TSS pada limbah industri X di Yogyakarta menggunakan *floating treatment wetland* dalam reaktor dengan sistem batch pada penelitian terdahulu hasil menunjukkan penggunaan tanaman vetiver dan bakteri mampu menurunkan kadar besi (Fe) sebesar 69-93%, Timbal (Pb) sebesar 67-76%, dan konsentrasi total suspended solid (TSS) sebesar 93-96%. Pada penelitian yang akan dilakukan kali ini akan mengevaluasi tanaman vetiver dan bakteri dalam mengurangi kadar logam, TSS dan warna menggunakan *aerated wetland* dan *floating treatment wetland*

Berdasarkan permasalahan diatas,diperlukan penelitian mengenai kemampuan *aerated wetland* dan *floating wetland* menggunakan tanaman *Vetivera Zizanioides* dan bakteri endofit dalam pengolahan limbah industri tekstil terutama kandungan logam , warna dan TSS.Hal ini bertujuan agar menjadi manfaat dalam cara pengolahan limbah tekstil dan menjaga kualitas lingkungan.

Berikut merupakan kerangka berfikir alur dari penelitian ini,sebagaimana terlihat pada gambar 1.1 :



Gambar 1. 1 Kerangka Berfikir

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disusun, terdapat rumusan masalah yang dapat dibuat yaitu bagaimanakah kemampuan penyisihan kandungan logam,Warna dan Total Suspended Solid (TSS) pada air limbah tenun dengan metode *aerated wetland* dan *floating wetland* menggunakan rumput vetiver (*Vetiveria zizanioides*) kombinasi dengan bakteri endofit.

1.3 Tujuan

Mengetahui kemampuan Aerated dan floating wetland menggunakan rumput vetiver (*Vetiveria zizanioides*) kombinasi dengan konsorsium bakteri untuk mengurangi kadar logam, warna dan Total Suspended Solid (TSS) dalam limbah cair tenun.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Manfaat penelitian ini dapat membantu industri kecil dalam mengelola air limbah tenun yang sederhana dan ekonomis sehingga dapat meminimalisir pencemaran lingkungan di sekitar industri tenun troso.
2. Memberikan pengetahuan dalam mengelola air limbah sehingga dapat menjaga kualitas lingkungan serta dapat mengetahui kinerja reaktor aerated wetland dan floating wetland menggunakan tanaman *Vetiveria zizanioides* dan bakteri endofit dalam penyisihan kandungan logam, warna dan TSS.

1.5 Ruang Lingkup

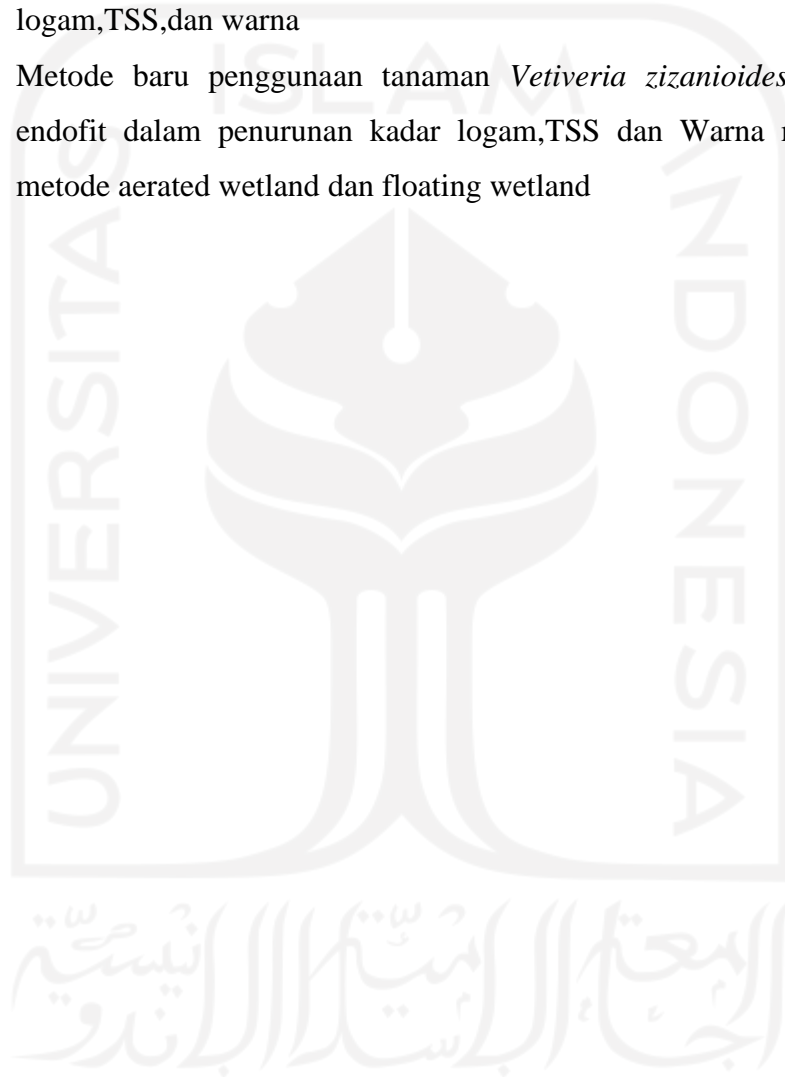
Parameter yang akan diukur yaitu logam yang terdapat di limbah cair industry tenun

1. Parameter yang diukur digunakan untuk mengetahui seberapa efisiensi tanaman dan mikroorganisme dalam medegradasi Logam, TSS dan warna.
2. Pembuatan aerated *constructed wetland* yang diisi oleh tanaman dan mikroba dan mengukur seberapa besar efisiensi tanaman dan mikroorganisme dalam mendegradasi limbah cair industry tenun.
3. Pengujian analisis kandungan logam dan senyawa azo pada air limbah indusri tenun menggunakan tanaman rumput *Vetivera zizanioides* dan bakteri dengan metode aerated constructed wetlands.

1.6 Sasaran Penelitian

Berikut merupakan sasaran penelitian ini :

1. Pengetahuan baru mengenai kinerja reaktor dengan menggunakan tanaman *Vetiveria zizanioides* dan bakteri endofit pada aerated *consturcted wetland* dan *floating wetlands* dalam penurunan kadar logam, TSS, dan warna
2. Metode baru penggunaan tanaman *Vetiveria zizanioides* dan bakteri endofit dalam penurunan kadar logam, TSS dan Warna menggunakan metode aerated wetland dan floating wetland



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

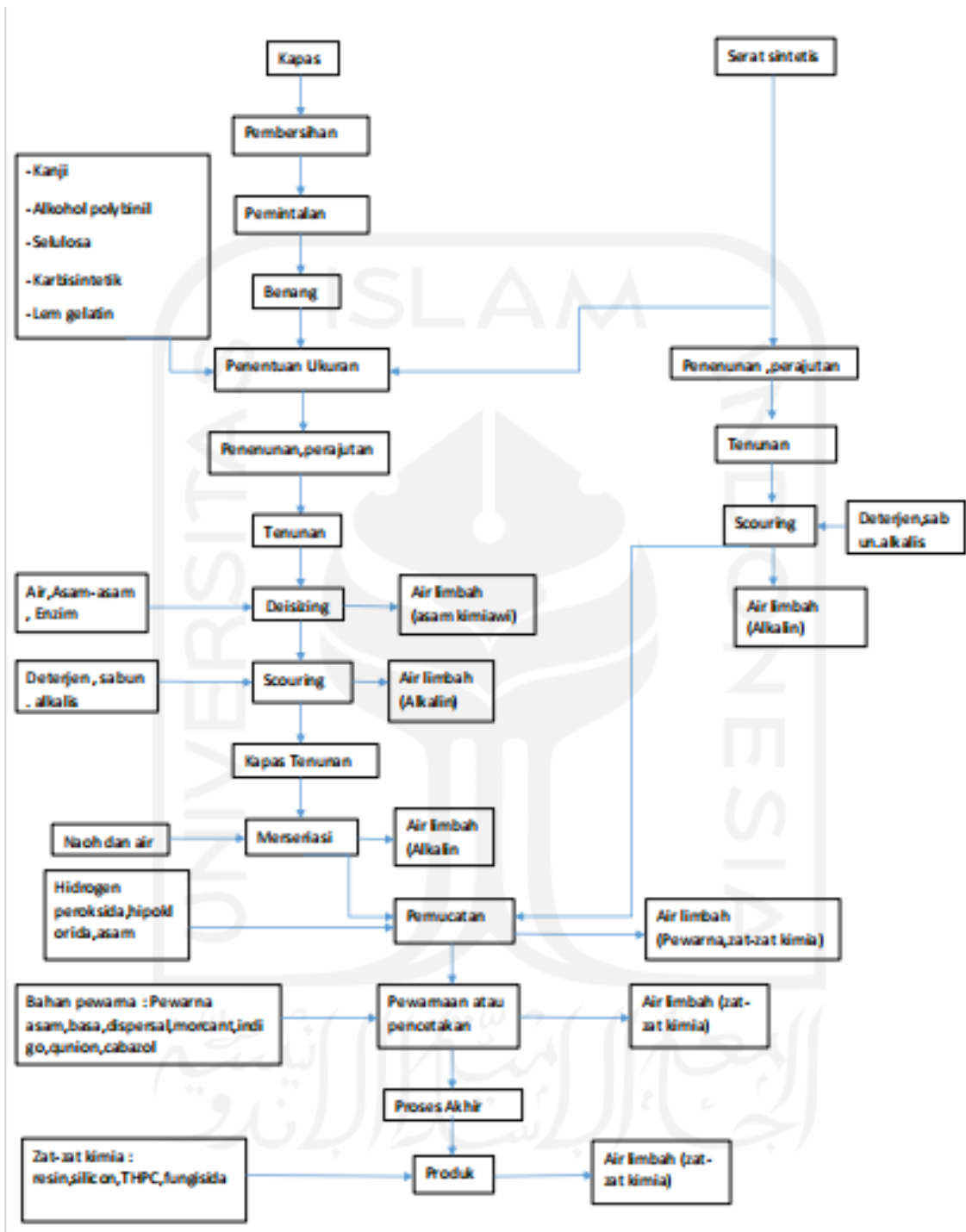
2.1 Gambaran Industri Tenun di Indonesia

Indonesia mempunyai banyak pulau yang memiliki keanekaragaman dan warisan budaya. Salah satu warisan budaya Indonesia yang memiliki nilai tinggi yaitu tenun. Tenun merupakan warisan budaya Indonesia yang harus dilestarikan karena merupakan ciri kain tradisional Indonesia. Tenun di Indonesia di produksi di berbagai daerah seperti Sumatera, Kalimantan, Bali, Sulawesi, Lombok dan Sumbawa (Rifayanti *et al.*, 2019).

Proses penting dalam pembuatan tenun yaitu proses pewarnaan , penggunaan pewarna alami atau sintetis merupakan proses yang penting. Penggunaan pewarna Alami sudah jarang ditemui, pembuatan tenun tradisional pun menggunakan pewarna sintetis. Penggunaan pewarna sintetis akan berdampak buruk bagi lingkungan contohnya pencemaran sungai (Muflihati *et al.*, 2019). Tenun yang dibuat dengan pewarna alami memiliki banyak kelebihan yaitu kain yang dibuat pewarna alami lebih unik , sejuk, dan memiliki karakteristik yang sama dengan warna alam, dan keunggulannya untuk lingkungan yaitu limbah yang dihasilkan lebih ramah lingkungan (biodegradable) (Wiraningtyas *et al.*, 2019).

2.2 Karakteristik Limbah Industri Tekstil

Limbah cair pada industri tenun tentunya berkaitan dengan proses produksi industri tersebut. Berikut merupakan proses produksi dan karakteristik dari limbah tenun



Gambar 2. 1 Proses Produksi Tenun

Sumber : Perpustakaan.menlhk.go.id

Tabel 2. 1 - Baku mutu Air Limbah Tekstil

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BOD ₅	60	6
COD	150	15
TSS	50	5
Fenol Total	0,5	0,05
Krom Total (Cr)	1,0	0,1
Amonia Total (NH ₃ -N)	8,0	0,8
Sulfida (sebagai S)	0,3	0,03
Minyak dan Lemak	3,0	0,3
pH	6,0 – 9,0	
Debit Limbah Paling Tinggi	100 m ³ /ton produk tekstil	

Sumber : peraturan menteri lingkungan hidup nomor 5 tahun 2014

2.2 Dampak Limbah industri Tenun Bagi Lingkungan

Limbah industri tekstil berasal dari proses perwarnaan(dyeing), pengecapan (printing) dan finishing. Bahan yang digunakan dari proses pembuatan umumnya mengandung bahan-bahan kimia yang terdiri dari senyawa organik. Banyaknya senyawa organik sehingga menyebabkan meningkatnya nilai BOD dan COD limbah cair industri tekstil (Irmanto & Suyata, 2008).

Banyak penggunaan Pewarna sintetik oleh industri tenun menyebabkan peningkatan jumlah bahan pencemar dan limbah yang dihasilkan .Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tenun umumnya limbah yang mengandung senyawa organik yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan terutama perairan.Jika limbah tersebut langsung dibuang sembarangan maka aliran limbah akan mengalir melalui perairan di sekitar pemukiman,sehingga mutu lingkungan tempat tinggal penduduk menjadi turun.Limbah tenun dapat membuat matinya organisme di perairan karena kadar *Chemical Oxgen Demand* di perairan meningkat (Melani, 2017).

2.3 Floating Wetlands

Floating wetlands merupakan salah satu dari jenis constructed wetland dimana media tanam yang dapat mengapung di permukaan air. Di floating treatment ini tanaman mengapung pada media apung yang terletak di permukaan air, sehingga akar tanaman menggantung di air dan menjadi tempat tumbuhnya biofilm dan menyaring partikulat tersuspensi. Metode ini dibuat untuk memperbaiki kualitas air, Floating treatment wetland terdiri dari media apung yang berpori dan ditanami dengan Emergent Macrophyte (Tanaman air berakar dengan daun yang muncul ke permukaan). Metode floating mampu mereduksi BOD, nutrisi, dan kandungan padat dalam air dan juga dapat digunakan untuk meremediasi logam berat seperti Cd, Cr, Fe, Pb, Mn, Se, Zn dan zat organik lainnya (Pusparinda & Santoso, 2016).

Teknik Floating wetland ini menjadi solusi dalam keterbatasan lahan karena tidak mengklaim lahan apapun. Keuntungan dari floating treatment wetland ini yaitu kemampuan dalam beradaptasi dengan fluktuasi ketinggian air, serta nilai estetika (ketika menggunakan tanaman yang berbunga), dan dapat menyediakan habitat untuk invertebrata, ikan, dan burung. Alat yang dapat digunakan dalam pembuatan floating wetland yaitu kontainer plastik, atau dengan reaktor berbahan kaca. Rakit apung untuk tanaman di FTW dibuat untuk pertumbuhan tanaman, setiap lubang diisi serabut kelapa, kerikil, tanah, dan pasir (Tara *et al*, 2019). Waktu tinggal limbah dengan FTW perlu dimaksimalkan untuk mendapatkan hasil yang optimal, jika HRT tinggi maka harus memperluas FTW jika tidak dapat diatasi dengan memperdalam badan air, HRT yang direkomendasikan yaitu 15 hari (Pusparinda & Santoso, 2016).

2.4 Aerated Wetlands

Aerated wetlands merupakan lahan basah yang menggunakan sistem mekanis pompa udara yang terhubung ke jaringan bawah permukaan pipa distribusi udara untuk memasukan gelembung udara ke dalam air yang diolah (Wallace *et al*., 2019). Reaktor constructed wetland dengan penambahan aerasi

akan meningkatkan penyisihan bahan organik(Wallace et al., 2019).Efisiensi Ukuran reaktor lahan basah ini menggunakan diameter 18 cm dan tinggi 70 cm,dengan menggunakan waktub tinggal selama 3 sampai 6 hari. Dalam studi sebelumnya senyawa azo mudah diubah ke senyawa amina aromatik dalam proses anaerob akan tetapi amina aromatik menghambat proses selanjutnya sehingga proses degradasi selanjutnya dilanjutkan dengan proses aerob(Ong et al., 2010). studi Lahan basah dengan aerasi lebih mampu menghilangkan polutan dibandingkan dengan lahan basah perlakuan non aerasi,lahan basah memberikan kemanjuran kualitas effluent akhir untuk menghilangkan berbagai polutan yang terdegradasi secara aerobik(Nivala et al., 2020). Pengolahan limbah dengan penambahan aerasi pada sistem constructed wetlands menjadi rekomendasi untuk pengolahan limbah tekstil.Penambahan aerasi ini dapat meningkatkan penyisihan polutan dalam limbah (Hidayah et al., 2018).

2.5 *Vetivera zizanioides*

Akar wangi merupakan tanaman asli dari india dan sri lanka, membutuhkan iklim panas dan lembab untuk tumbuh. Akar wangi masuk kedalam golongan rumput yang memiliki tinggi 0,5-1,5m. Akar wangi sangat toleran terhadap PH yang ekstrim antara 3-11,5,toksitas Al dan Mn dan sangat toleran pada berbagai macam logam seperti As,Cd,Cu,Cr dan Ni (Purwani, 2010). *Vetivera* merupakan tanaman hiperakumulator logam berat sehingga dapat menghilangkan polutan dari tanah atu perairan yang terkontaminasi.Akar wangi dapat ditanaman secara hidroponik sehingga dapat digunakan sebagai proses remediasi tanah dan air (Hidayah et al., 2018).

Akar wangi memiliki perakaran yang rimbun sehingga dapat digunakan sebagai penahan erosi, Akar wangi di tanam sebagai tanaman pagar yang berguna sebagai penanaman kontur,pengendali erosi, pengendalian banjir, reklamasi tanah dan produksi biomassa.Akar Wangi dikenal mampu hidup di berbagai kondisi lingkungan karena mempnyai daya adaptasi yang tinggi.

Karakteristik vetiver yang menjadikan tanaman pelindung lingkungan yaitu :

- a. Toleran tinggi terhadap keasaman, alkalinitas, salinitas, sodisitas dan magnesium
- b. Toleransi Tinggi terhadap Al, Mn, As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se, dan Zn di dalam tanah.
- c. Mampu menyerap N, P, Hg, Cd, dan Pb terlarut dalam air tercemar.
- d. Kemampuan tumbuh kembali dengan cepat di kondisi lingkungan yang buruk dan kembali membaik setelah amelioran tanah ditambahkan.
- e. Memiliki batang yang kaku dan tegak yang membentuk pagar jika ditanam berdekatan, sehingga pagar ini dapat bertahan terhadap aliran air yang relatif dalam mengurangi kecepatan aliran dan sebagai perangkap sedimen (Siagian, R., Maryudi, M., and Purba, 2018.)

2.6 TSS (*Total Suspended Solid*)

Total suspended solid adalah padatan yang tersuspensi yang dapat membuat air menjadi keruh, tidak terlarut dalam air dan tidak dapat langsung mengendap. TSS di dalam air merupakan partikel organik dan inorganik yang dapat tersaring melalui kerta milipore yang memiliki pori-pori 0,45 nm. Total suspended solid merupakan material halus yang ada di air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan rumah tangga. Nilai TSS yang tinggi dapat menyebabkan terhalangnya aktivitas fotosintesis tumbuhan laut baik mikro ataupun makro sehingga kandungan oksigen di dalam air menjadi berkurang (Sudinno et al., 2015). Penetrasi Cahaya matahari ke bagian permukaan dan lebih dalam tidak masuk dengan sempurna akibat terhalang oleh zat padat tersuspensi sehingga fotosintesis tidak berlangsung sempurna (Taringan dan Edward, 2003). TSS menyebabkan keruhnya air dan menghalangi proses fotosintesis sehingga membuat manfaat air dapat berkurang dan mengganggu organisme di air. Apabila terjadi pengendapan maka akan membentuk lumpur sehingga dapat mengganggu aliran dalam saluran, mempercepat pendangkalan dan secara tidak langsung berpengaruh terhadap kesehatan (Soemirat, 2004).

2.7 Logam

Limbah logam berat paling banyak dihasilkan dari kegiatan proses pewarnaan kain. Dari kegiatan pewarnaan industri tekstil dapat menghasilkan limbah logam berat seperti : Logam berat Arsen (As), kadmium (Cd), Krom (Cr), Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Seng (Zn). Zat pewarna mengandung logam berat karena digunakan sebagai katalis selama proses pembuatan zat warna dan sebagian zat warna mempunyai logam didalamnya sebagai bagian dari molekul zat pewarna tersebut (Teknologi et al., 2017).

Komponen logam cair yang berasal dari kegiatan industri tekstil harus direduksi dengan cara yang tepat. Pentingnya mereduksi logam berat karena dapat mencemari perairan sehingga harus diperhatikan. Logam berat yang melebihi baku mutu akan mencemari lingkungan, sifat yang dimiliki oleh logam berat ini yaitu sukar untuk terurai dan cenderung akan terakumulasi dalam ekosistem. Logam berat sangat sulit di degradasi dan dapat terakumulasi sepanjang rantai makanan, sehingga dapat menimbulkan risiko gangguan kesehatan pada manusia dan gangguan ekologis (Susanto et al., 2021).

Pembuangan limbah logam berat ke badan air penerima akan membuat dampak buruk ke lingkungan. Pelepasan logam berat jika tidak dilakukan dengan perlakuan yang tepat akan menimbulkan ancaman yang signifikan untuk kesehatan masyarakat, karena adanya persistensi, biomagnifikasi dan akumulasi dalam rantai makanan tersebut. Efek yang akan ditimbulkan yaitu dapat berkurangnya pertumbuhan dan perkembangan dapat memicu kanker, kerusakan organ, kerusakan sistem saraf (Susanto et al., 2021).

2.8 Zat Warna

Komponen utama yang menyebabkan rendahnya kualitas air limbah dari industri tekstil adalah adanya pewarna yang berada dalam berbagai jenis senyawa kimia dengan konsentrasi yang bervariasi. Bahan pewarna tekstil

memiliki dampak secara karsinogenik dan beracun dalam kehidupan perairan dan manusia (Haryono et al., 2018).

Proses yang menghasilkan limbah cair pada proses industri tekstil yaitu pada saat proses pemberian warna atau *dyeing* selain membutuhkan bahan kimia juga membutuhkan air sebagai media pelarut. Karakteristik utama limbah tekstil yaitu tingginya kandungan zat warna sintetik, yang apabila dibuang ke lingkungan akan menyebabkan polusi secara visual, dan meningkatkan resiko kerusakan lingkungan dan kesehatan. Pada proses pewarnaan dan pembilasan, air limbah yang dihasilkan mengandung COD yang tinggi dan bahan-bahan lainnya seperti fenol, sulfida dan logam (Atikah, 2021).

Bahan Pewarna sintetik industri tekstil umumnya mempunyai 2 jenis gugus kunci dalam suatu molekul pewarna sintetik, yaitu kromofor dan auksokrom. kromofor berfungsi sebagai penghasil warna dan auksokrom berfungsi sebagai memberi sifat terhadap molekul pewarna mampu larut dalam air dan meningkatkan afinitas. Gugus kromofor terdiri dari gugus Azo, Vinil, nitro dan karbonil, sedangkan auksokrom adalah $-NH_2$, $-COOH$, $-SO_3H$ dan $-OH$ (Haryono et al., 2018).

Zat warna naphthol adalah suatu zat warna tekstil yang sering digunakan untuk mencelup secara cepat dan mempunyai warna yang kuat. zat warna naphthol tidak larut dalam air dan mempunyai dua komponen dasar yaitu golongan naphthol AS (Anilid Acid) dan komponen pembangkit warna golongan diazonium yang biasa disebut garam. Komponen tersebut jika digabungkan akan menjadi berwarna apabila dilarutkan. Zat warna naphthol sering disebut *ingrain coours* karena terbentuk di dalam serat dan tidak larut dalam air karena memiliki gugus azo (Laksono, 2012).

Senyawa Azo merupakan senyawa yang cukup stabil, karena disintesis agar tidak mudah rusak oleh perlakuan kimia maupun fotolitik. Senyawa azo dapat bertahan cukup lama di perairan dan mengalami akumulasi. Senyawa azo dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, keberadaannya dapat

menghambat penetrasi sinar matahari ke dalam air, sehingga aktivitas fotosintesis dalam air terganggu. Perombakan senyawa azo menjadi senyawa amina aromatik secara anaerobik dapat membuat menjadi lebih beracun daripada senyawa azo itu sendiri (Fitriani et al., 2019).

Warna dalam air digunakan sebagai penilaian kuantitatif dari keberadaan bahan organik yang berpotensi berbahaya atau beracun. Warna merupakan perhatian utama untuk menentukan kualitas air karena alasan estetika, selain itu warna juga dapat menjadi petunjuk adanya zat organik seperti alga atau senyawa humat. Menurut peraturan menteri kesehatan tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan media air untuk keperluan higiene sanitasi tahun 2017, warna tidak boleh melebihi 50 TCU (Purnomo, 2021).

2.9 Endophytic Bacteria

Kata Endofit berasal dari kata Yunani yaitu endon yang memiliki arti di dalam, dan fiton yang berarti tanaman (Kandel et al., 2017). Endofit adalah mikroorganisme seperti bakteri dan jamur yang tinggal di endosfer tanaman selama atau sebagian hidupnya tanpa menimbulkan kerusakan pada inang (Kandel et al., 2017). Tumbuhan dan bakteri endofit yang berinteraksi satu sama lain untuk saling menguntungkan sehingga dapat dimanfaatkan dalam meremiasi tanah dan air yang tercemar. Tanaman menyediakan nutrisi untuk bakteri, dan bakteri endofit menurunkan kadar toksisitas dari polutan (Shehzadi et al., 2016). Bakteri endofit juga dapat meningkatkan toleransi tanaman pada lingkungan yang kurang menguntungkan. Bakteri endofit juga melindungi inangnya dari fungi patogen, serangga pemakan inang yang berada di sekitarnya.

2.10 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan penelitian terdahulu mengenai aerated wetland dan floating wetland dalam mereduksi kadar Logam, TSS dan warna, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Judul penelitian	Penulis	Tahun	Hasil penelitian
1	Kombinasi pengolahan constructed wetland dan aerasi untuk meningkatkan penurunan BOD dan TSS pada Lumpur Tangki septik	-Arlini Dyah Tadityanungrum -Maritha nilam kusuma	2018	- Efisiensi penurunan BOD dan TSS pada kombinasi reaktor HSSFCW dan aerasi adalah 98%
2	<i>Treatment of azo dye Acid Orange 7 Containing wastewater using up-flow constructed wetland with and without supplementary aeration</i>	-Soon-An Ong -Katsuhiko Uchiyama -Daisuke Inada -Yuji Ishida -Kazuaki Yamagiwa	2010	- Reaktor lahan basah yang menggunakan aerasi lebih efektif dalam menghilangkan bahan organik, NH ₄ -N, dan amina aromatik
3	Pengolahan air limbah	-Nomarima sabrina	2021	- Penelitian menunjukan berhasil menurunkan kadar

	kegiatan laundry menggunakan metode floating Treatment wetland	-Lita Darmayanti -Yohanna Lilis Handayani		TSS sebesar 83,33% yaitu dari 1200 mg/L menjadi 200 mg/L
4	Analisis Removal logam pada air limbah Balai yasa Yogyakarta PT.Kereta Api Indonesia menggunakan Tanaman Vetiver dan Bakteri dengan metode floating Treatment Wetland	-Rizqon Nurtana	- 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Tanaman Vetiveria zizanioides dengan menggunakan metode floating treatment dapat mengurangi kadar logam seperti besi,timbal,tembaga serta amonia akan tetapi kurang efektif dalam pengurangan konsentrasi TSS - Penggunaan tanaman vetiveria zizanioides dan bakteri dapat menurunkan kadar logam Fe (15% - 93 %) , Timbal 20% - 100% , tembaga 18%-93% dan amonia 12-99% dan kurang efisien dalam mereduksi kadar Total Suspended Solid (TSS) .
5	<i>Textile Wastewater treatment using vetiver grass cultivated with floating</i>	-Khannita Charoenlarp -kemachart surakul - pornchai winitkhetkam noun	2016	<ul style="list-style-type: none"> - Teknik ini menunjukan potensi yang bagus untuk mengurangi kadar limbah tekstil,efisiensi BOD,COD,TSS dan Warna , pengurangan kadar limbah meningkat dengan rumput

	<i>platform technique</i>	-pariya kanthupthim -prathuthip panbumrung -somchai udorn		vetiver. Rumput vetiver sangat toleran terhadap logam berat seperti As, Zn dan Cu efisiensi sistem vetiver dapat menghilangkan Cr 86,30-82,92% Zn, Pb, Cd 42-67% . Selain itu dapat menghilangkan hidrokabron aromatik polisiklik dan minyak dari air limbah.
6	<i>Semi-batch operated constructed wetlands planted with Phtagmites Australis for treatment of dyeing wastewater</i>	-Soon-An Ong - Li-Ngee Ho - Yee-Shian Wong - Danny leonard - Hafizah samad	2011	- Semi batch wetland menunjukkan potensi mengolah air limbah mengandung azo. Reaktor lahan basa aerasi mempunyai dampak yang signifikan dalam menghilangkan bahan organik, AO7, amina aromati, dan NH4-N diatas 94% . Aerated wetland menurunkan kadar COD 95,2% , AO7 99,6% dan NH4-N 86,1 %.
7	<i>On-site performance of floating treatment wetland macrocosms augmented with dye-</i>	-Nain Tara -Muhammad Arslan - Zahid Hussain -Mazhar Iqbal	2019	- Penelitian ini menunjukkan bahwa floating treatment yang bervegetasi dengan p.australis dan diinokulasi dengan bakteri menunjukkan pehilangan polutan yang tertinggi.

	<i>degrading bacteria for the remediation of textile industry wastewater.</i>	-Qaisar Mahmood - Muhammad Afzal		
8	<i>Implementation of floating wetlands for textile wastewater management</i>	Fan wei Munazzam jawad Ghalia S.H Muhammad afzal Aziz khan Mohamed A.El sawi Zohaib abbas Kunhua wei Ihsan Elahi Zaheer Muhammad Rizwan Shafaqat Ali	2020	<ul style="list-style-type: none"> - Floating wetland efisien dalam menghilangkan pewarna, pigmen, bahan organik, logam berat dan polutan lainnya dalam limbah tekstil, dengan tanaman dan bakteri yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penyisihan - Bakteri endofit meningkatkan akumulasi kontaminan dan mengurangi fitotoksitasnya dengan menggabungkan tanaman dan bakteri endofit merupakan hal yang baik untuk meremediasi logam berat.
9	Pengaruh aerasi terhadap pengolahan limbah cair rumah sakit dengan metode constructed wetland	Amrul hasan Haris kadarusman	2022	<ul style="list-style-type: none"> - Penyisihan TSS menggunakan tanaman latifolia pada aerasi 42,36 % sebesar - Penyisihan TSS menggunakan tanaman hyemale sebesar 62,17 % - Pada penelitian ini penggunaan aerasi tidak menunjukkan

				pengaruh yang signifikan pada pengolahan limbah cair
10	Pengolahan limbah cair tenun dengan sistem floating treatment wetland menggunakan kombinasi tanaman vetiver dan bakteri endofit	Nurun Nailis Sa'adah	2020	Floating wetland dengan inokulasi bakteri lebih efisien dalam penurunan limbah, data yang diperoleh yaitu COD direduksi hingga 65 % , TSS 78% dan warna 94 % . Penelitian ini menunjukkan bahwa floating treatment kombinasi dengan bakteri dan tanaman vetiveria zizanioides dapat menjadi pengolahan limbah tenun dan diaplikasikan dalam skala besar.
11	Kajian pengelolaan air asam tambang dengan menggunakan metode aerobic wetland dan pengaruhnya	Reza Aryanto	2014	<ul style="list-style-type: none"> - Aerobic wetland dapat meningkatkan ph dan menurunkan kadar logam yaitu Fe dan Mn. - Kualitas air asam tambang berubah ketika sesudah pengolahan pasif , kenaikan ph dari 3,13 menjadi 6,633 , penurunan Fe dari

	terhadap baku mutu air pada site lati PT.BERAU COAL			1,645 mg/L menjadi 0,155 mg/L dan penurunan Mn dari 4,2 mg/l menjadi 1,9 mg/l
12	<i>Bioaugmentation of floating treatment wetlands for the remediation of textile effluent. Water and Environment journal.</i>	-Nain Tara -Mazhar Iqbal -Qaisar Mahmood -Muhammad Afzal1	2018	<ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan tanaman Phragmites australis dan Typha domingensis untuk mengembangkan floating treatment yang ditambahkan konsorsium bakteri dari tiga strain (Acinetobacter junii, pseudomonas indoloxydans, dan rhodococcus sp). - Floating treatment yang menggunakan P.australis yang diinokulasi dengan bakteri menunjukkan pengurangan logam berat dalam limbah textile 87-99%
13	Pengaruh Aerasi dalam constructed wetland pada pengolahan air limbah domestik	Euis Nurul Hidayah Andryzah Djalalembah Gina Aprilliana Okik hendriyanto	2018	<ul style="list-style-type: none"> - Penambahan Aerasi mampu menurunkan parameter pencemar BOD dan NH3 lebih baik , karena adanya aerasi dapat mencukupi kebutuhan oksigen terlarut yang digunakan mikroorganisme dalam mendegradasi bahan pencemar - Reaktor yang digunakan dengan kapasitas 30 liter.

				Penyisihan BOD dan ammonia dengan waktu tinggal 4 hari mampu menurunkan BOD sampai 96% dan ammonia sebesar 97 %
14	<i>Bacterial augmented floating treatment wetlands for efficient treatment of synthetic textile dye wastewater</i>	Neeha Nawaz Shafaqat Ali Ghulam shabir Muhammad Rizwan Muhammad bilal Munazzam jawad Muhammad afzal Muhammad Arsalan Abeer Hashem Elsayed Fathi Mohammed Nasser Parvaiz Ahmad	2020	<ul style="list-style-type: none"> - Floating treatment yang di inokulasi dengan tanaman dapat meningkatkan remediasi - Floating treatment dengan tanaman <i>P.australis</i> ditambah dengan inokulm bakteri dapat mengurangi PH,TDS,TSS,COD BOD dan pewarna lebih signifikan dibandingkan dengan FTW bervegetasi dan tidak bervegetasi tanpa inokulasi bakteri. - Pada penelitian ini potensi Floating wetland dengan tanaman <i>P.Australis</i> dengan tiga inokulasi bakteri memiliki potensi yang besar dalam mereduksi jenis polutan termasuk logam dari limbah tekstil. - Ftw lebih efisien mereduksi lahan yang bervegetasi dan adanya tambahan bakteri.Pada perlakuan ini konsentrasi logam (Cu , Ni , Zn , Fe ,

				Mn dan Pb) diturunkan hingga menjadi 75% , 73,3 % , 86,9 % , 75% , 70% dan 76,7% , masing-masing dalam waktu retensi 20 hari.
15	<i>In situ textile wastewater treatment in high rate transpiration system furrows planted with aquatic macrophytes and floating phytobeds</i>	Vishal chandanshive Suhas Kadam Niraj Rane Byong-Hun Jeon Jyoti Jadhav Sanjay Govindwar	2020	<ul style="list-style-type: none"> - Remediasi air limbah dilakukan di tangki logam persegi panjang dengan dimensi 400 ml (1,2 m x 0,61 m x 0,61 m) . - Tanaman vetiveria zizanioides menghilangkan remazol red (100 mg/L) hingga 93 % dalam waktu 40 jam - Floating Phytobed dengan vetiveria zizanioides efektif mengolah air limbah tekstil . Dapat mengurangi ADMI , COD , BOD , TDS dan TSS sebesar 74% , 74% , 81% , 66% , dan 47% masing-masing dalam 72 jam .

BAB III

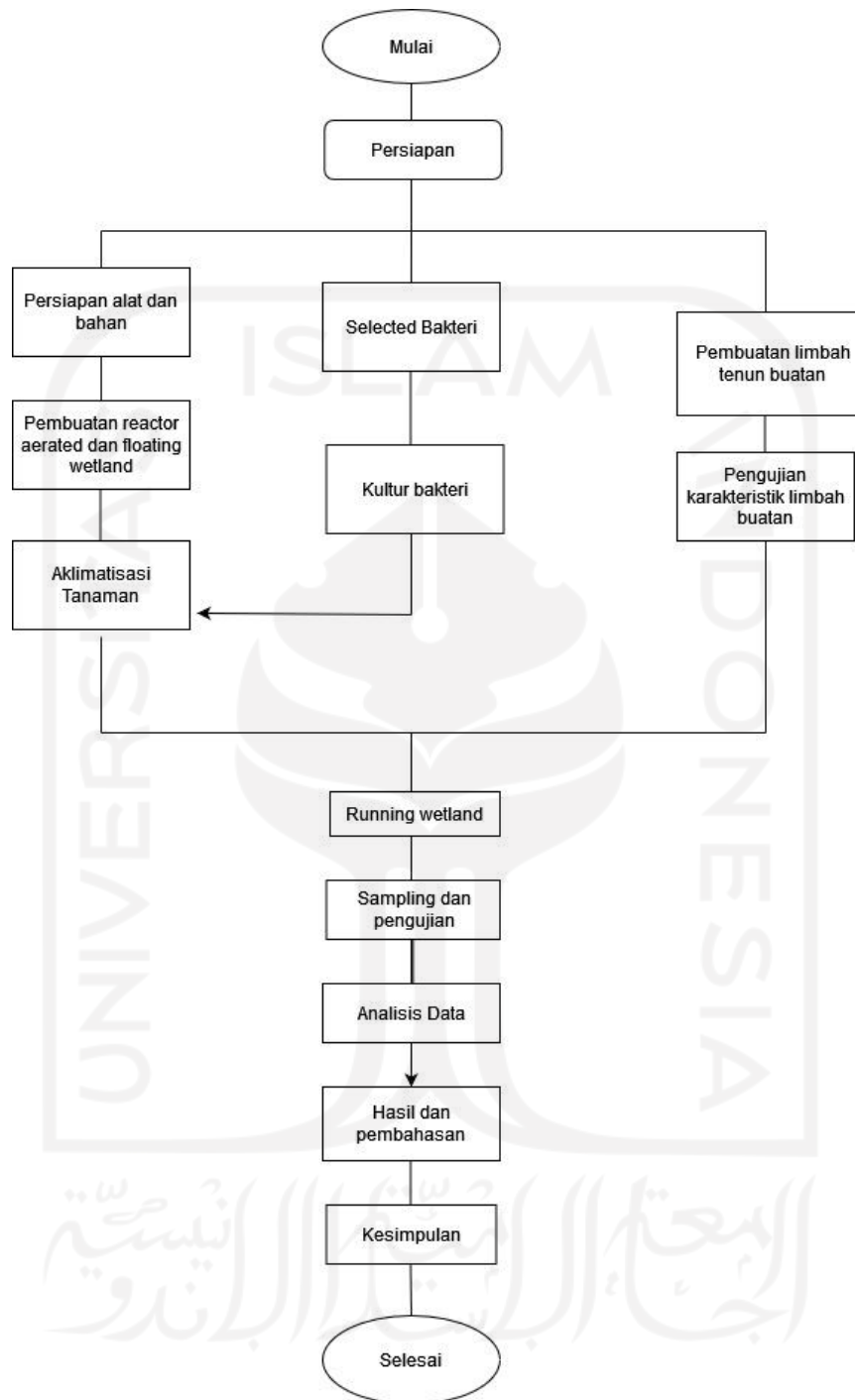
METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian berlokasi di laboratorium Bioteknologi Lingkungan , Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik sipil dan perencanaan Universitas Islam Indonesia dan rumah kaca. Penelitian ini dilakukan pada Maret 2022 sampai September 2022.

3.2 Alur Penelitian

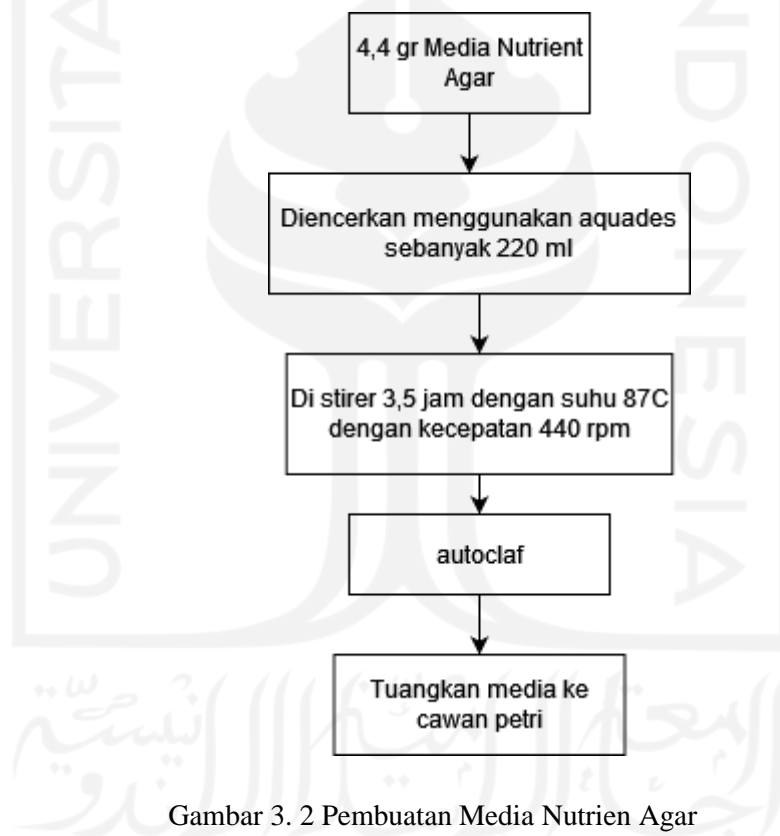
Penelitian ini menggunakan kemampuan aerated wetland dan floating wetland menggunakan tanaman akar wangi (*Vetivera zizanioides*) dan bakteri endofit dalam melakukan penurunan kadar Logam, TSS dan Warna pada air limbah industri tenun. Tahapan yang akan dilakukan di tampilkan dengan diagram alir. Diagram Alir penelitian ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

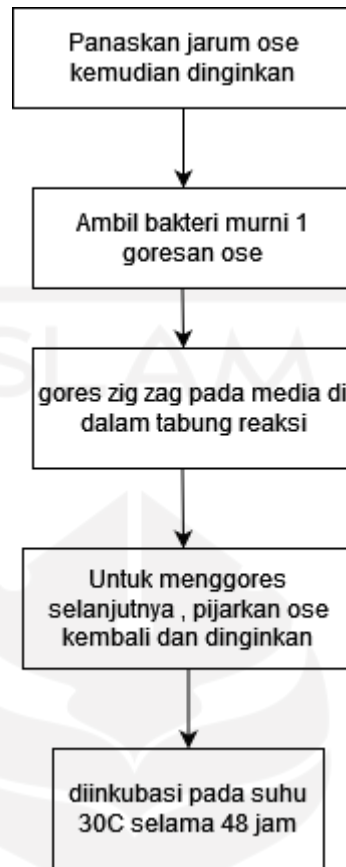
3.3 Inokulasi Bakteri

Bakteri yang telah teridentifikasi oleh peneliti sebelumnya yang memiliki potensi mengolah limbah tenun yang dilakukan oleh (khalфина,2021) dan (Luthfia,2021) akan di inokulasi ke media yang baru untuk digunakan pada penelitian ini. Inokulasi dilakukan menggunakan metode streak di cawan petri guna mendapatkan koloni terpisah dan biakan murni. Inokulasi bakteri menggunakan media *Nutrient Agar* (NA) yang di homogenkan menggunakan *Stirer* selama 3,5 jam pada suhu 87°C yang kemudian di autoclaf (Atlas,2010), berikut penjelasan proses pembuatan media pada diagram alir berikut :



Gambar 3. 2 Pembuatan Media Nutrien Agar

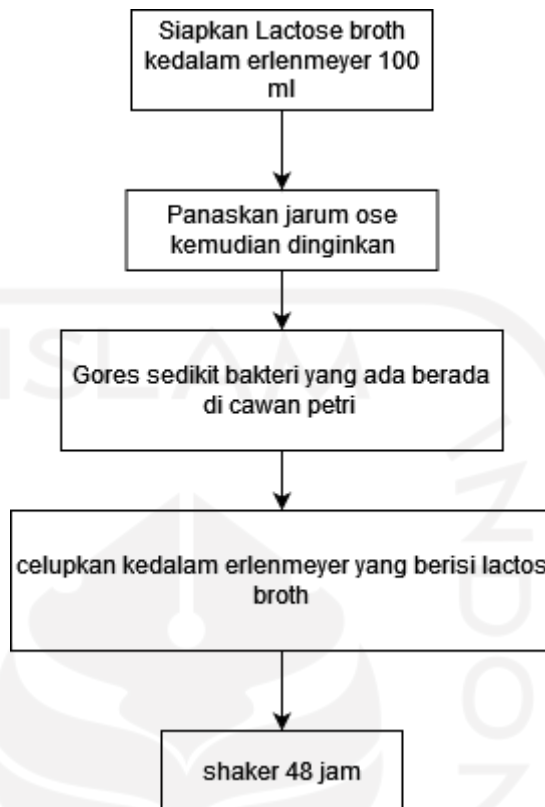
Proses inokulasi bakteri dilakukan didalam Laminar Air Flow untuk mencegah terjadinya kontaminan. Isolat bakteri kemudian diinokulasi menggunakan metode streak dengan jarum ose dan disimpan di inkubator 30°C selama 48 jam (Purwanto et al., 2014). Berikut penjelasan inokulasi bakteri pada diagram berikut :



Gambar 3. 3 *Streak Bakteri*

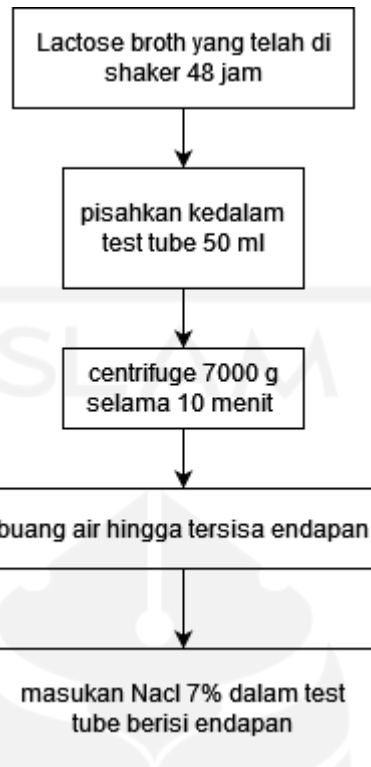
3.4 Kultur Bakteri

Bakteri yang sudah terpilih yang berpotensi dapat mendegradasi limbah tenun akan dilakukan kultur bakteri. Mengacu pada Shehzadi (2014) bakteri akan di perbanyak menggunakan media *Lactosa Broth*. Bakteri yang terpilih di masukan kedalam Erlenmeyer berisi lactose broth dan di shaker dengan kecepatan 100 g selama 48 jam.



Gambar 3. 4 Kultur Bakteri

Bakteri yang telah tumbuh pada proses kultur, kemudian di pisahkan antara bakteri yang terbentuk dengan media dengan cara centrifuge pada 50 ml tube conical, centrifufe diatur 7000 g selama 10 menit. Endapan kultur bakteri yang terpisah ditambahkan 50 ml 7%. Setelah itu dilakukan pengecekan optical density dengan panjang gelombang yang digunakan 600 nm untuk mengecek kandungan bakteri yang telah tumbuh.

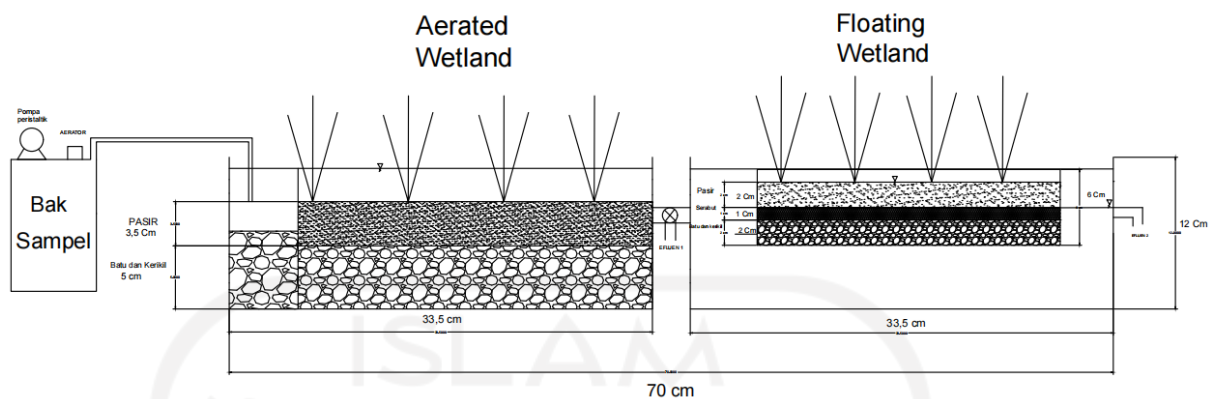


Gambar 3. 5 Kultur Bakteri

3.5 Persiapan reaktor

3.5.1 Aerated dan floating wetland

Pembuatan *aerated* dan *floating wetland* menggunakan container box berbahan plastik dengan volume 10 L (33,5 x 22 x 15 cm) dengan free space 3 cm, dengan debit 4,5 l/menit dan waktu tinggal 2,7 hari. Kemudian diperlukan pipa untuk menyambungkan kedua box dan keran air untuk mengambil air atau membuang air yang berlebih. Berikut merupakan sketsa wetland :



Gambar 3. 6 Skema reaktor Aerated dan Floating wetland

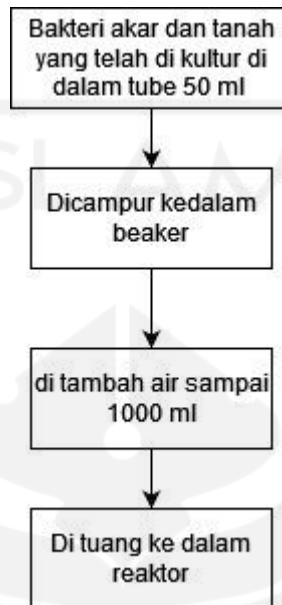
Pada bak pertama merupakan *aerated wetland* disusun media tanaman sebanyak 9 tanaman dengan masing-masing tanaman terdiri dari 3 rumpun. Pada aerated wetland batuan disusun setinggi 4,5cm , kerikil 0,5 cm dan ketinggian pasir 3,5 cm dan *free space* 3 cm. *Aerated wetland* menggunakan aerator untuk mengalirkan udara kedalam reaktor

Pada floating wetland yang terdiri dari 9 tanaman yang masing-masing berisi 3 rumpun tanaman, diapungkan menggunakan saringan yang menyangkut pada container box, di saringan tersebut mempunyai panjang 18 cm dan tinggi 6 cm , di dalam saringan terdiri dari kerikil setinggi 2 cm , serabut 1 cm , pasir 2 cm.

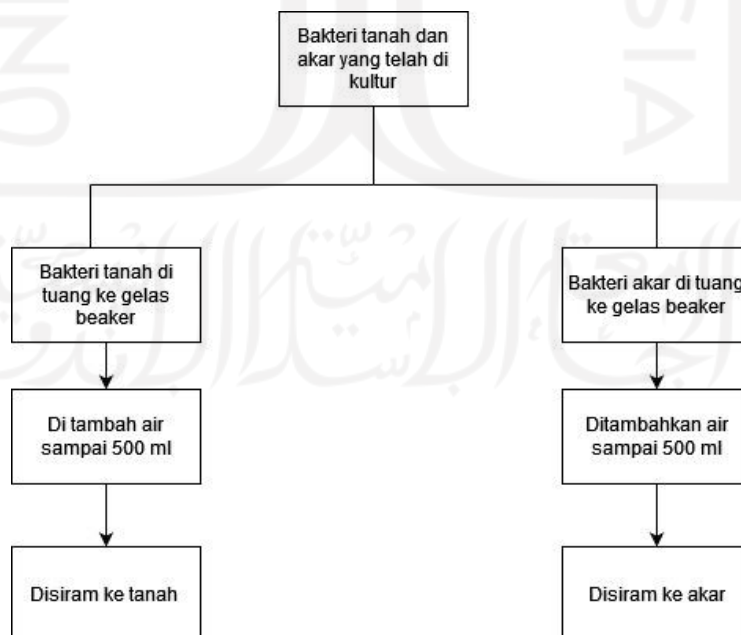
3.5.2 Aklimatisasi Tanaman *Vetiver zizanioides*

Aklmatisasi dilakukan bertujuan untuk tanaman dapat beradaptasi pada lingkungan yang baru. Aklimatisasi dilakukan dengan memotong batang tanaman dan menyisakan sekitar panjangnya 15 cm, kemudian ditanam pada reaktor. Proses aklimatisasi dilakukan 85 hari dari tanggal 26 Maret 2022 sampai 19 juni 2022 dengan diberi pupuk hydroponic merek SNN setiap 3 hari sekali. Aklimatisasi dilakukan secara langsung di dalam reaktor wetland. Penambahan bakteri dilakukan pada tanggal 24 juni 2022. Bakteri akar (Endofit) yang terpilih yaitu Ra2 , Ra7 , Rb2 dan bakteri tanah (Indigen) yang terpilih yaitu Sb3 , Sb2 ,

Sc1 , Sb1. Bakteri yang terpilih di campurkan menjadi satu kedalam gelas beaker , kemudian ditambah menggunakan air sampai 1000 ml. Berikut proses penambahan bakteri dalam bentuk diagram alir :



Gambar 3. 7 Diagram alir pemberian bakteri kedalam reaktor Aerasi

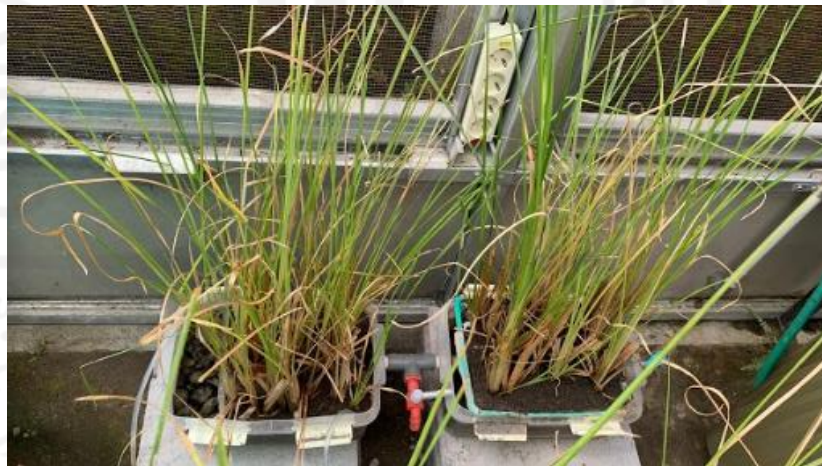


Gambar 3. 8 Diagram alir Pemberian bakteri pada reaktor Floating

Pupuk hidrophonic mengandung unsur makro dan mikro yang dibutuhkan oleh tumbuhan, Unsur makro yang terkandung yaitu Nitrogen, P₂O₅, K₂O, kemudian unsur mikro yang terkandung yaitu Fe, Mn, Cu, Zn, B, Co, Mo. Pupuk ini juga mengandung Indole acetic acid yang dapat memacu tanaman tumbuh lebih baik dan tahan stress. Pupuk digunakan dengan takaran 1 tutup botol SNN dilarutkan kedalam 3 liter air dan disiramkan di dalam reaktor.



Gambar 3. 9 Proses Aklimatisasi Tanaman akar wangi
Setelah dilakukan aklimatisasi 85 hari pada gambar dibawah ini



Gambar 3. 10 Setelah Dilakukan Proses Aklimatisasi tanaman akar wangi Selama 85 hari

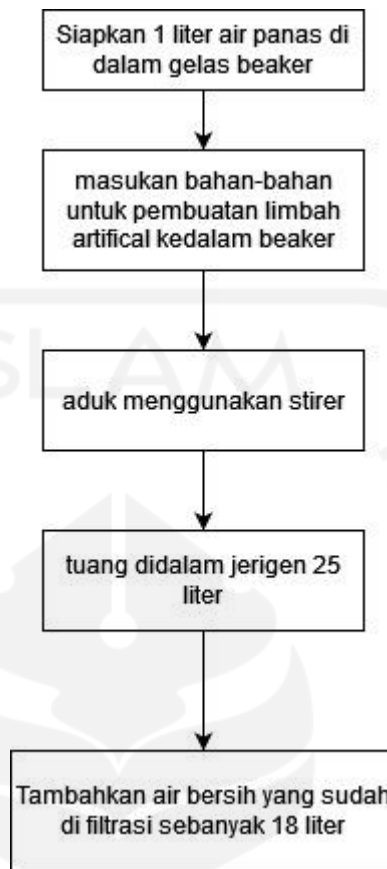
3.5.3 Running reaktor dan sampling

Reaktor dijalankan setelah proses kultur bakteri dan aklimatisasi selesai. Reaktor terlebih dahulu dibuang air sisa aklimatisasi kemudian diisi dengan air limbah tenun dari bak penampung limbah dialirkan ke reaktor aerated dan floating menggunakan pompa peristaltik dengan debit 4,5 ml per menit. Running reaktor dilakukan selama 1 bulan dari 14 juli 2022 – 14 agustus 2022. Penambahan limbah di bak penampung dilakukan pada hari ke 0,6,11, dan 14. Pengambilan sampel air dilakukan pada hari ke 0,4,11,18, dan 25 pada 2 titik yang sudah di tentukan yaitu efluen *Aerated* dan efluen *Floating*. Volume air limbah yang diambil pada masing-masing titik sebanyak 330 ml.

3.6 Pembuatan Air Limbah Tenun

Air limbah yang akan dibuat adalah air limbah artifice Air limbah sintesis dirancang untuk mensimulasikan karakteristik air limbah tenun yang mengandung zat warna azo. Penggunaan limbah artificial dikarena wetland yang dirancang merupakan *continous wetland* sehingga limbah yang dibutuhkan harus terus menerus selalu ada, sehingga pembuatan limbah artificial menjadi salah satu cara agar kebutuhan limbah selalu ada. Dengan debit yang cukup besar sehingga kebutuhan limbah yang dibutuhkan untuk selama running reaktor menjadi dalam jumlah besar, sehingga tidak mungkin untuk dilakukan sampling dengan pengambilan limbah dalam jumlah yang besar

Air limbah tenun dibuat dalam 20liter air bersih yang telah di filtrasi dengan menggunakan bahan-bahan sebagai berikut (konsentrasi dalam mg/l) : C_6H_5COONa 2,142 gr , CH_3COONa 4,097 gr , NH_4NO_3 3,522 gr , $NaCl$ (7.0) , $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 0,068 gr , $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 0,08 gr SO_2 20gr , dan Pewarna sintesis 20 gr (Ong et al., 2010). Berikut cara pembuatan limbah artificial :

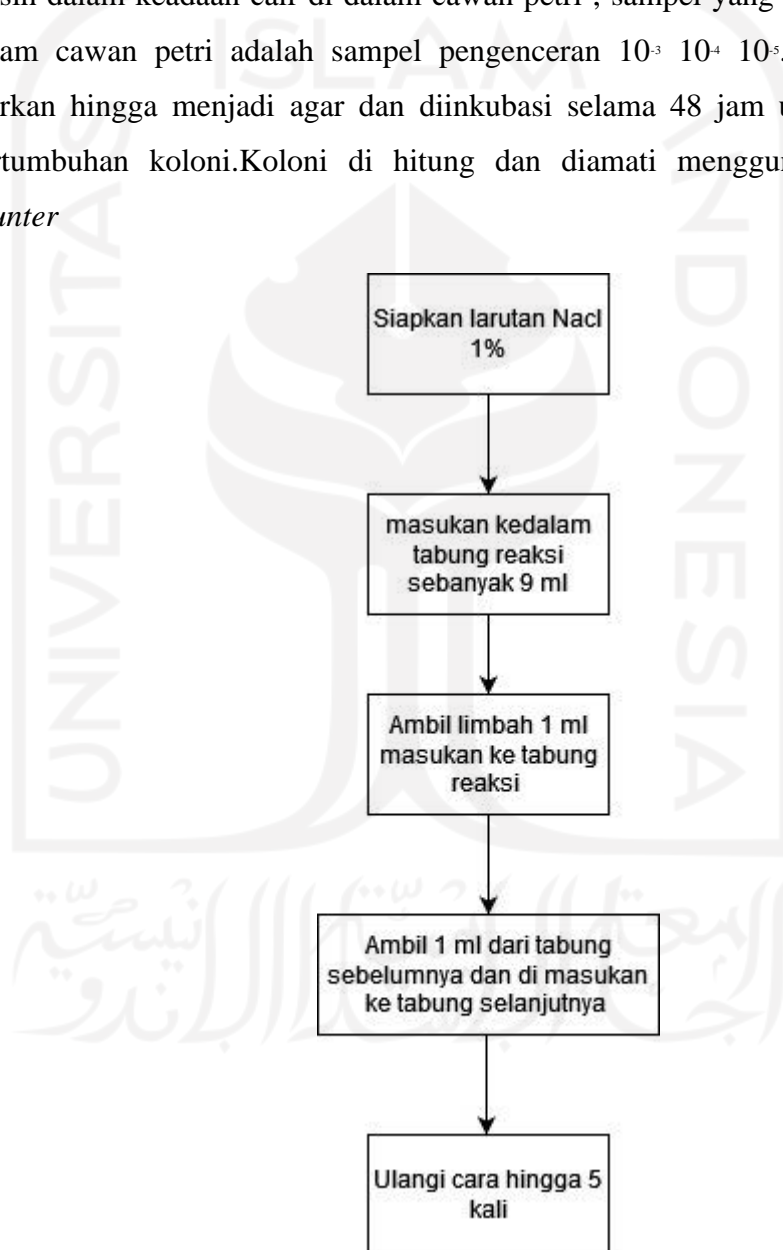


Gambar 3. 11 – Pembuatan Limbah Tenun Buatan

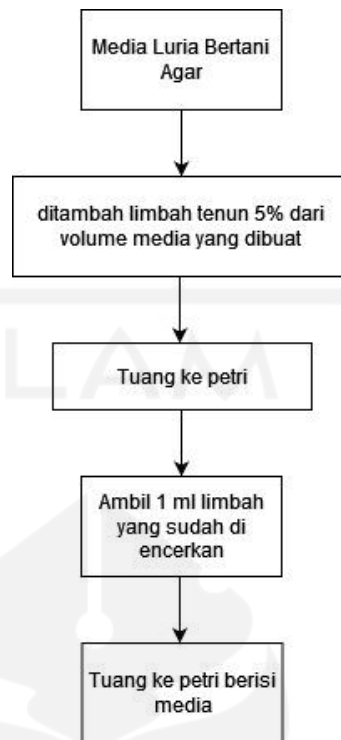
3.7 Specific Bacteria Number

Pengujian kadar total plate count mengacu pada SNI 2897:2008. Langkah pertama yang harus yang disiapkan yaitu media untuk pengujian TPC media yang digunakan yaitu Luria bertani agar, media yang masi cair diberi tambahan limbah tenun sebanyak 5% dari volume media yang dibuat, hal ini bertujuan agar media menjadi selektif dan memperoleh bakteri yang dapat mendegradasi . Pada TPC ini menggunakan pengenceran 5 kali dikarenakan untuk mengurangi jumlah kandungan mikroba dalam sampel sehingga dapat memudahkan dalam perhitungan jumlah koloni. Pengenceran mikroba dilakukan dengan cara membuat larutan Nacl 1% dan dimasukkan kedalam tabung reaksi sebanyak 9 ml kemudian di autoclaf. Dari limbah tenun yang sudah disaring kemudian diambil sebanyak 1 ml dan dimasukkan kedalam

tabung reaksi yang berisi 9 ml NaCl, kemudian di homogenkan. Kemudian dari tabung tadi di ambil 1 ml dan dicampurkan kembali ke 9ml NaCl lainnya sehingga didapat pengenceran 10^{-2} . Dari pengenceran 10^{-2} dilakukan kembali seperti tahapan yang sebelumnya hingga 10^{-5} . Setelah dilakukan pengenceran , sampel diambil menggunakan mikro pipet dan dimasukan ke media agar yang masih dalam keadaan cair di dalam cawan petri , sampel yang dituangkan di dalam cawan petri adalah sampel pengenceran 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} . Kemudian di biarkan hingga menjadi agar dan diinkubasi selama 48 jam untuk melihat pertumbuhan koloni. Koloni di hitung dan diamati menggunakan *colony counter*



Gambar 3. 12 – Pengenceran Limbah Tenun



Gambar 3. 13 - Pembuatan media untuk specific Bacteria Number

3.8 Pengujian Karakteristik Limbah Tenun Buatan

Pada penelitian ini akan menganalisis kadar logam dikarenakan pada limbah tenun mengandung senyawa logam berat yang berasal dari pewarna sintetik tenun yang dapat membahayakan lingkungan sekitar, sehingga pada penelitian kali ini akan menganalisis kadar limbah industri tenun untuk mengetahui sebelum dan sesudah diolah dengan metode aerated wetland dan floating wetland.

Pengujian karakteristik awal limbah dilakukan untuk mengetahui konsentrasi awal logam, TSS dan warna pada sampel air limbah sebelum di reduksi :

Tabel 3. 1 – Pengujian Parameter

No	Parameter	Satuan	Metode	SNI
1	Timbal (Pb)	mg/l	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	SNI 06-6989.8-2009
2	Tembaga (Cu)	mg/l	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	SNI 6989.6:2009
3	Krom (Cr)	mg/l	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	SNI 6989.17:2009
4	Kadmium (Cd)	mg/l	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	SNI 06-6989.16- 2009
5	Total Suspended Solid (TSS)	mg/l	Gravimetri	SNI 6989.3-2019
6	Zat Warna	Pt-Co	Spektrofotometri Sinar tampak (Visible)	SNI 06-6989-80- 2011
7	<i>Total Plate Count</i>	Cfu/ml	<i>Total Plate Count (TPC)</i>	SNI 2897:2008
8	Ph			Portabel Ph meter
9	Electirc conductivity	uS/cm		Portabel Ph meter
10	TDS	ppm		Portabel Ph meter
11	Temperatur	°C		Portabel Ph meter
12	Oxidation Reduction potensial	mV		Portabel Ph meter

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan kandungan TSS Logam dan warna sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan limbah tenun menggunakan aerated dan floating wetland , akan dilakukan monitoring dan dianalisis untuk

melihat keberhasilan dalam mengolah limbah tenun. Pada pengujian parameter TSS logam dan Warna dilakukan dengan menganalisis data menggunakan metode persentase removal dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Removal} = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100$$



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Limbah

Sebelum limbah dialirkan kedalam reaktor terlebih dahulu dilakukan pengujian karakteristik dari air limbah , agar dapat mengetahui konsentrasi awal dari nilai Logam,Warna dan TSS, sebelum di olah di dalam reaktor dan mengetahui besar removal pada aerated dan floating wetland, berikut merupakan tabel konsentrasi karakteristik air limbah :

Tabel 4. 1 – Karakteristik Air Limbah Tenun

Penambahan limbah tenun	Karakteristik					
	Logam				warna (Pt-Co)	TSS (mg/l)
	Cd (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr (mg/l)	Pb (mg/l)		
0	- 0,0215	0,0256	0,0660	-0,141	4800	376
6	- 0,0215	0,0256	0,0660	-0,141	4800	376
14	- 0,0260	0,00197	0,0106	-0,0538	5488.89	464
20	- 0,0483	-0,0195	0,0447	0,03124	62.22	280

Pada karakteristik minggu pertama dan kedua memiliki nilai karakteristik yang sama karena pembuatan air limbah tenun menggunakan bahan yang sama. Pada minggu ketiga memiliki nilai karakteristik berbeda dengan minggu sebelumnya dikarenakan air limbah yang digunakan merupakan limbah effluent dari minggu 2, sehingga pada minggu ke 4 memiliki nilai yang berbeda karena minggu ke 4 menggunakan limbah effluent dari minggu ke 3.

4.2 Kondisi Reaktor

Sebelum dilakukan running reaktor, tanaman yang ada di reaktor harus diaklimatisasi terlebih dahulu dengan menyiram pupuk 3 hari sekali. Jumlah tanaman setiap reaktor berjumlah 27 batang . Setelah dilakukan aklimatisasi tanaman menjadi tumbuh tinggi dan ada beberapa juga tanaman yang mati jumlah tanaman setelah di aklimatisasi pada reaktor aerasi berjumlah 22 batang dan pada reaktor floating berjumlah 20 batang. Berikut merupakan tinggi tanaman sebelum dilakukan running :

Tabel 4. 2 – Tinggi Tanaman Sebelum Running

Reaktor	Rumpun	Tinggi Tanaman	Panjang akar	Hijau	Kuning
Aerated	B11	78.5	15.4	2	1
	B12	80		3	-
	B13	64		2	1
	B14	71.5		2	1
	B15	71		2	1
	B16	69		2	-
	B17	72.7		3	-
	B18	74.5		3	1
	B19	65		2	-
Floating	B21	70	15.4	2	1
	B22	65		2	1
	B23	86		2	1
	B24	85.7		3	-
	B25	60		1	2
	B26	81		3	-
	B27	57.5		2	1
	B28	54.7		3	-
	B29	90.5		2	1

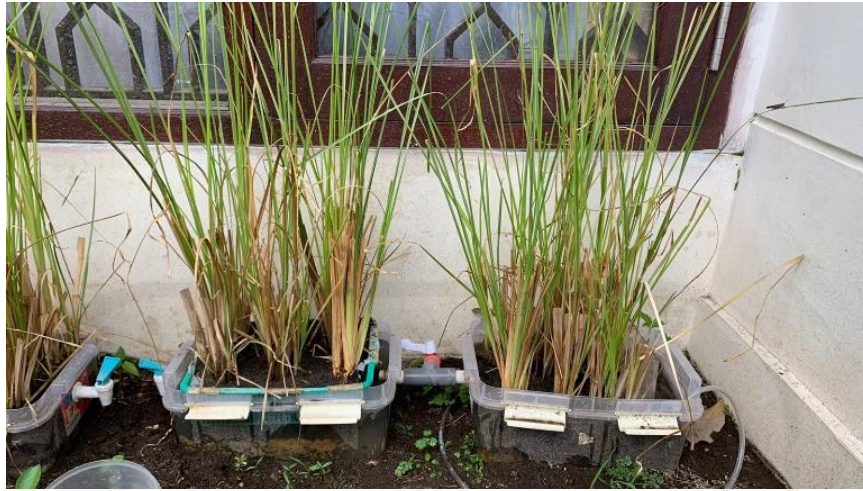
Setelah dilakukannya aklimatisasi tanaman selama 85 hari, langkah selanjutnya yaitu running reaktor. Running reaktor dilakukan di rumah kaca untuk memaksimalkan pertumbuhan tanaman dan akar. Reaktor yang sudah

siap running terlebih dahulu sudah dimasukkan beberapa jenis bakteri endofit dan Indigen. Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh (Khalfina,2021) dan (Luthfia,2021) adapun kode bakteri Endofit yang dipakai di reaktor yaitu Ra2,Ra7,Rb2, dan bakteri Indigen yang dipakai yaitu Sb-3,Sb-2,Sc1,Sb 1 bakteri tersebut merupakan bakteri yang telah dipilih yang memiliki efisiensi yang besar dalam mereduksi limbah tenun. Berikut merupakan karakteristik bakteri yang digunakan :

Tabel 4. 3 – Karakteristik Bakteri yang digunakan dan persentase removal yang diidentifikasi oleh peneliti sebelumnya

Bacteria	Gram	Genus	Color	Shape	efisiensi removal			
					Warna	Cr	Cu	Pb
Ra2	Negatif	Basil	Non-pig	Irregular	91%	100%	-	37.68%
Ra7	positif	Basil	yellow	Circular	79%	100%	58.50%	81.31%
Rb2	Negatif	Coccus	yellow	Circular	83%	100%	28.30%	100%
Sb3	positif	Basil	Non-pig	Irregular	57%	100%	62.26%	96.78%
Sb2	negatif	Coccus	Non-pig	Irregular	55%	100%	56.60%	95.82%
Sc1	positif	Basil	Non-pig	Filamentous	62%	100%	64.15%	100%
Sb1	positif	Coccus	Non-pig	Filamentous	62%	100%	35.85%	93.15%

Berdasarkan table morfologi diatas bakteri akar Ra2 memiliki shape Irregular dan gram negatif , Ra7 memiliki shape circular dan gram positi , dan Rb2 memiliki shape circular dan gram negatif. Bakteri tanah Sb3 memiliki shape irregular dan gram positif , Sb2 memiliki shape irregular dan gram negatif , Sc1 memiliki shape filamentous dan garam positif , dan Sb1 memiliki shape filamentous dan gram positif.



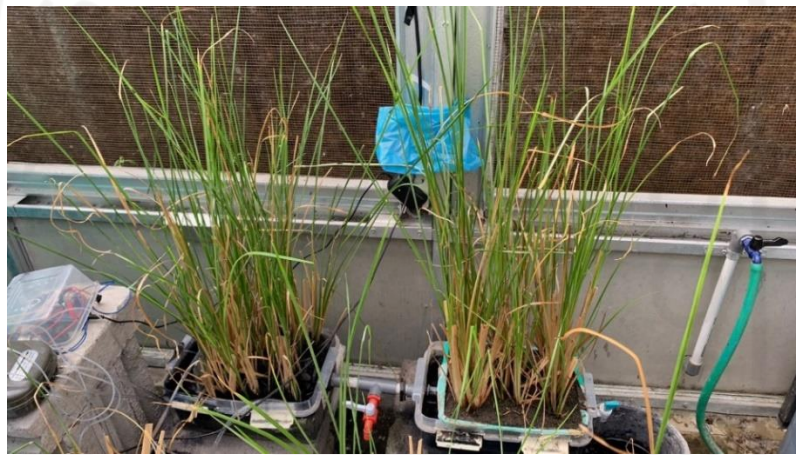
Gambar 4. 1 Tanaman dan Reaktor Sebelum Running

Sebelum dilakukan running tanaman pada aerated wetland memiliki rata-rata panjang tanaman 71,8 cm dengan maksimum 80 cm dan minimum 64 cm , sedangkan reaktor floating memiliki rata-rata panjang tanaman 72,2 cm , dengan panjang maksimum 90,5 cm dan minimum 57,5 cm, dan akar tanaman pada floating memiliki rata-rata panjang 15 cm. Berikut merupakan gambar akar tanaman floating wetland sebelum dilakukan running :

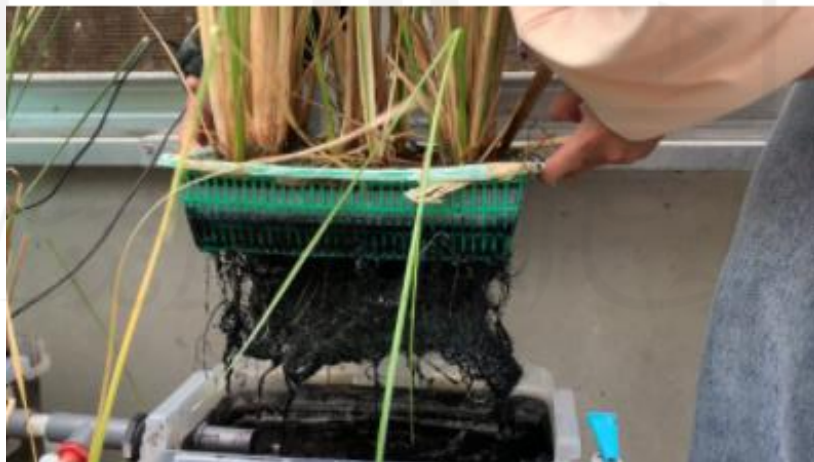


Gambar 4. 2 Akar Tanaman Floating Sebelum Running

Air limbah tenun dialirkan kedalam reaktor dengan debit 4,5 ml / menit menggunakan pompa peristaltik. Air limbah tenun dialirkan dari reaktor *Aerated* menuju *Floating wetland* setelah itu akan dilakukan sampling setiap hari ke 4,11,18,dan 25. Setelah running, tanaman mengalami pertumbuhan dan beberapa yang mati, Rata –Rata panjang tanaman setelah running yaitu 76 cm dengan panjang maksimum 130 cm danpanjang minimum 56 cm. Berikut merupakan gambar tanaman dan reaktor setelah running :



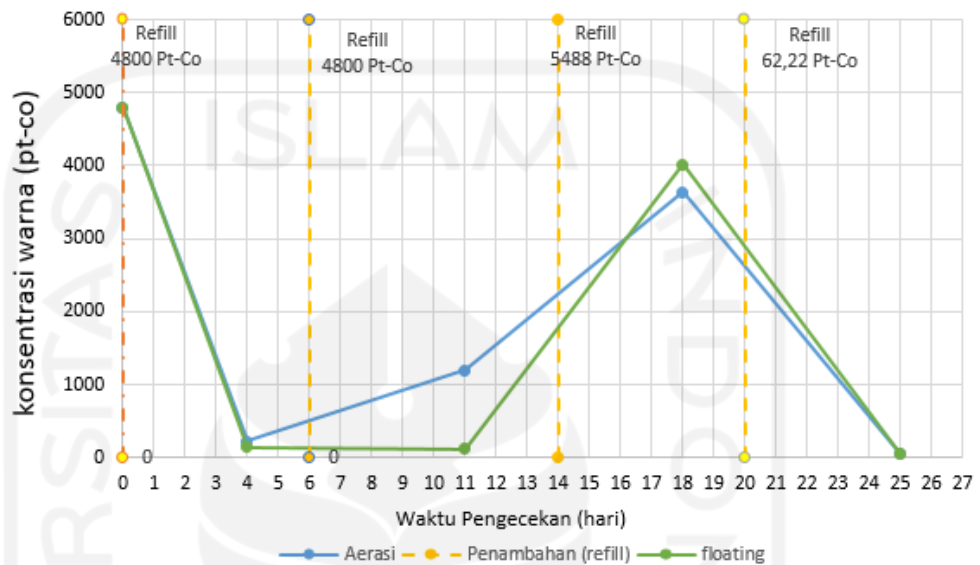
Gambar 4. 3 Tanaman Setelah Running Reaktor



Gambar 4. 4 Gambar Akar Setelah Running

4.3 Analisis parameter

4.3.1 Zat warna



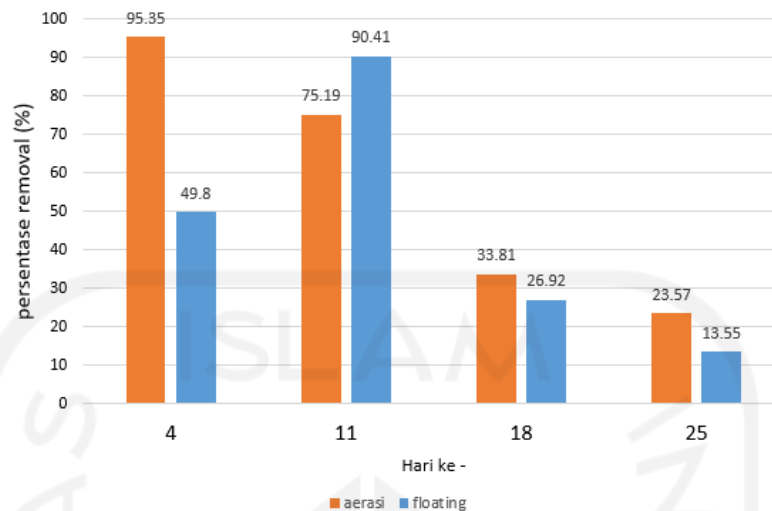
Gambar 4. 5 Grafik Konsentrasi Warna Pada Limbah tenun pada reaktor aerasi dan floating selama 25 hari

Pada minggu pertama diketahui nilai konsentrasi karakteristik zat warna limbah sebesar 4800 Pt-Co .Pada hari ke 4 dilakukan pengambilan sampel dari masing-masing reaktor,terjadi penurunan warna pada reaktor aerasi menjadi 223 Pt-Co, kemudian di bak reaktor floating terjadi penurunan zat warna menjadi 132 Pt-Co. Pada hari ke 7 dilakukan penamabahan air limbah dikarenakan limbah yang terdapat pada bak air limbah sudah habis, air limbah yang ditambah mempunyai karakteristik nilai konsentrasi awal zat warna yaitu 4800 Pt-Co. Kemudian dilakukan sampling kembali pada hari ke 11, pada pengujian sampel hari ke 11 di dapat nilai zat warna pada reaktor aerasi yaitu 1190 Pt-Co hal ini menunjukkan adanya penurunan dari nilai karakteristik , kemudian pada reaktor floating didapat nilai zat warna yaitu 114 Pt-Co hal ini juga menunjukkan adanya

penurunan oleh reaktor floating Hari ke 17 dilakukan penggantian limbah kembali dengan nilai karakteristik zat warna yaitu 5488 Pt-Co, pada hari ke 18 dilakukan sampling untuk dilakukan pengujian sampel , pada hari ke 18 nilai zat warna pada aerasi sebesar 3633 PtCo dan untuk reaktor floating menunjukkan nilai 4011 PtCo, dilihat dari angka karakteristik hal ini menunjukkan adanya penurunan nilai zat warna pada reaktor floating. Hari ke 20 air limbah ditambahkan kembali kedalam reaktor dan memiliki karakteristik warna sebesar 62.22 Pt-Co. Hari ke 25 penurunan konsentrasi di aerated wetland menjadi 47,56 Pt-Co, kemudian di floating wetland menjadi 41,11 Pt-Co.

Penurunan konsentrasi zat warna Menurut Sylvia (2005), disebabkan adanya proses fitoekstraksi yaitu proses penyerapan kontaminan oleh akar tanaman. Kontaminan yang diserap oleh tanaman akan diakumulasi oleh bagian tanaman kemudian akar tanaman akan mengeluarkan senyawa seperti eksudat, mucilage, dan lysate yang menjadi sumber energi bakteri. Hal inilah yang memicu antara tanaman dan bakteri untuk mendegradasi air limbah. Menurut penelitian Saratale (2011) bakteri akan mengeluarkan enzim *azoreductase* untuk memecah ikatan kromofor pada pewarna sintetik. Peningkatan konsentrasi warna terjadi karena adanya penambahan limbah selain itu menurut (Septiara,2022) penyebab fluktuasi konsentrasi warna dikarenakan isolate bakteri yang masih dalam tahap beradaptasi dan isolate bakteri memiliki perbedaan interval waktu regenerasi dalam memanfaatkan zat warna menjadi karbonnya. Menurut (Hsueh,2009) kenaikan dapat terjadi karena metabolisme bakteri yang kurang baik, karena proses reduksi zat warna membutuhkan enzim *azoreductase* yang dihasilkan bakteri. Zat warna yang digunakan sebagai sumber karbon bisa saja tidak sesuai dengan kebutuhan metabolisme bakteri sehingga mengganggu proses pemecahan zat warna dan terjadi fluktuasi konsentrasi warna.

Untuk lebih jelas dapat dilihat dari gambar dibawah , yaitu mengenai efisiensi reduksi kadar warna :



Gambar 4. 6 Grafik Efisiensi Removal Warna Pada Reaktor Aerasi dan Floating Selama 25 hari

Presentase reduksi kadar warna tertinggi pada reaktor aerasi pada hari ke 4 yaitu sebesar 95,35% , pada pengujian hari ke 11 persentase removal sebesar 75,19% dan pada hari ke 18 persentase sebesar 33,81% hal ini menunjukkan penurunan dalam efisiensi reduksi zat warna. Pada reaktor floating pada pengujian hari ke 4 efisiensi reduksi sebesar 49.8% , pada hari ke 11 sebesar 90.41% dan hari ke 18 sebesar 26.92% hal ini menunjukkan adanya penurunan efisiensi reduksi zat warna. Pengujian sampel hari ke 25 efisiensi reduksi aerated sebesar 23,57 % dan floating 13,55 %.

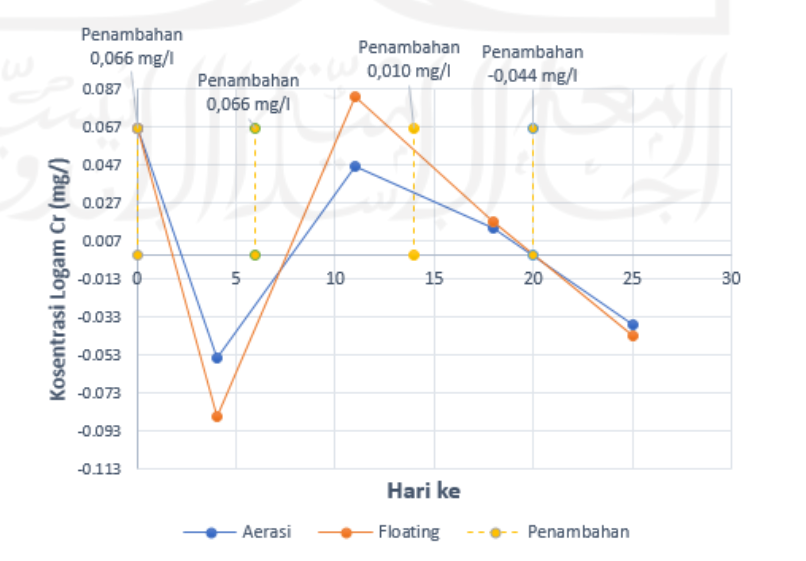
Pada peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan nomor P.16 tahun 2019, baku mutu untuk warna pada industri tekstil yaitu sebesar 200 Pt-Co. Hal ini menunjukkan bahwa hasil dari reaktor aerasi masih di atas baku mutu yaitu hari ke 4 223 Pt-Co , hari ke 11 yaitu 1190 Pt-Co, hari ke 18 3633 Pt-Co , dan hari ke 25 47,56 Pt-Co. Dilihat dari hasil pengujian nilai yang dibawah baku mutu hanya pada hari ke 25 yaitu 47,56 Pt-Co. Pada Reaktor floating nilai konsentrasi limbah pada hari ke 4 dan ke 11 berada dibawah baku mutu yaitu 132 Pt-Co dan 114 Pt-Co , akan tetapi pada hari ke 18 nilai konsentrasi warna melebihi baku mutu yaitu sebesar 4011 Pt-Co.

Hari ke 25 didapat konsentrasi sebesar 41,11 Pt-Co hal ini menunjukkan nilai masi dibawah baku mutu.

Dari hasil pengujian disimpulkan effisiensi penurunan zat warna mencapai 97,62%. Hal ini sama seperti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Erdina,2020) yang melakukan penelitian pengolahan limbah cair tenun menggunakan tanaman vetiver dan kombinasi bakteri didapat penurunan konsentrasi warna hingga 96%. Hasil penelitian inipun juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Chaerisa,2022) yang menggunakan bakteri endofit dan tanaman vetiver untuk mendegradasi zat warna dengan effisiensi removal 60% - 65%.

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa effisiensi penurunan konsentrasi warna pada reaktor floating jauh lebih besar dibanding reaktor aerasi, hal ini juga dikarenakan adanya proses reduksi dari titik sebelumnya sehingga nilai konsentrasi warna pada reaktor floating menjadi lebih kecil, sehingga penggunaan tanaman vetiver dan bakteri pada reaktor aerasi dan floating terbukti cukup effisien dalam mereduksi konsentrasi zat warna yang mana terbukti mengalami penurunan konsentrasi zat warna.

4.3.2 Logam Cr



Gambar 4. 7 Grafik Konsentrasi Logam Cr Pada Reaktor Aerasi dan Floating Selama 25 hari

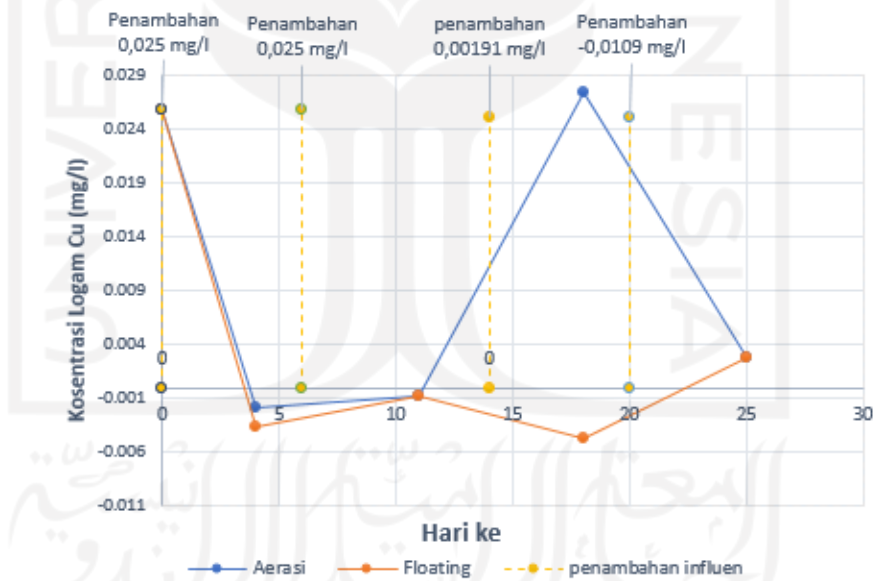
Pada limbah memiliki konsentrasi awal logam Cr yaitu 0,066 mg/L. Hasil dari pengujian logam Cr didapat pada pengujian hari ke 4 pada reactor aerasi dengan konsentrasi – 0,0543 mg/l dan pada reaktor floating sebesar – 0,0850 mg/l, pada pengujian hari ke 11 didapat konsentrasi logam Cr pada reactor aerasi sebesar 0,0463 mg/l dan pada reaktor floating sebesar 0,083 mg/l, dan pada pengujian hari ke 18 didapat konsentrasi pada reaktor aerasi sebesar 0,0137 mg/l dan reaktor floating sebesar 0,0168. Hasil pengujian dari hari ke 25 didapat nilai Cr pada reaktor aerasi sebesar -0,0369 mg/l dan floating – 0,04264 mg/l. Kenaikan pada konsentrasi Cr pada hari ke 11 dapat disebabkan oleh beberapa hal contohnya kenaikan temperature air yang dapat menguraikan derajat kelarutan mineral yang dapat membuat kelarutan logam dalam air tinggi. Menurut (Manara,2012) penyerapan logam dipengaruhi beberapa faktor yaitu konsentrasi, muatan ion, dan transporter dalam sel. Aryani (2015) berpendapat penurunan konsentrasi juga dipengaruhi beberapa faktor seperti faktor internal yaitu karena tanaman itu sendiri dan faktor eksternal yaitu kondisi lingkungan yang tidak mendukung proses metabolisme tanaman.

Lutfiah (2021) juga berpendapat penurunan konsentrasi logam Cr disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang membantu penurunan konsentrasi Cr dan tanaman vetiver yang dapat mengakumulasi logam Cr yang digunakan sebagai fitoremediasi zat tercemar. Hal ini juga disebabkan oleh waktu kontak air limbah dengan tanaman sehingga mempengaruhi efektifitas tanaman untuk mendegradasi logam Cr. Logam dapat mengendap di dasar reaktor sehingga meningkatkan konsentrasi polutan, kemudian diserap oleh mikroorganisme yang ada sehingga, ketika pengambilan air terlalu dalam maka kadar Cr akan meningkat seperti pada hari ke 11.

Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu oleh Luthfia (2021) Penurunan kadar Cr menggunakan tanaman vetiver z dan bakteri endofit mencapai 22,64% - 100%. Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian dilakukan oleh (Tara et al, 2019) penurunan konsentrasi logam Cr dan Fe melebihi 90% .

Dari hasil diatas nilai yang didapat dari hasil pengujian kedalam baku mutu pada peraturan menteri lingkungan hidup no 5 tahun 2014 dengan kadar nilai Cr yaitu 1 mg/l hal ini menunjukkan kadar Cr pada limbah masi dibawah baku mutu.

4.3.3 Logam Cu



Gambar 4. 8 Grafik Konsentrasi Logam Cu Pada Reaktor Floating dan Aerasi Selama 25 hari

Pada Gambar ditunjukkan grafik dari pengujian logam Cu, sampel limbah memiliki konsentrasi awal limbah Cu sebesar 0,025 mg/l. Setelah didalam reaktor 4 hari dilakukan pengujian , pada pengujian hari ke 4 didapat konsentrasi nilai Cu pada reaktor aerasi sebesar – 0,00188 mg/l dan

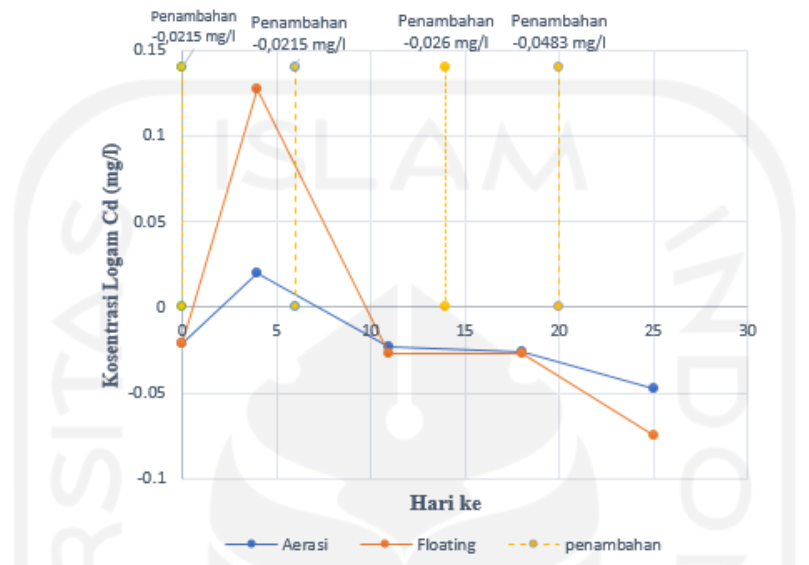
pada floating sebesar -0,00361 mg/l. Pada hari ke 11 dilakukan pengujian kembali dan didapat nilai Cu pada reaktor aerasi sebesar – 0,0008 mg/l dan reaktor floating sebesar -0,00085 mg/l. Pada hari ke 18 dilakukan kembali pengujian logam Cu didapat nilai Cu pada reaktor aerasi sebesar 0,027 mg/l dan pada reaktor floating sebesar – 0,0046 mg/l . Pengujian logam Cu di hari ke 25 nilai di reaktor aerasi 0,0027 mg/l dan floating 0,00027 mg/l.

Adanya penurunan presentase reduksi logam Cu disebabkan lama waktu kontak tanaman dengan limbah yang menyebabkan penyerapan logam menjadi lebih sedikit karena toksisitas dari tanaman semakin meningkat. Kadar logam yang berfluktuasi disebabkan oleh kondisi tanaman itu sendiri maupun faktor eksternal seperti kondisi lingkungan yang tidak mendukung untuk proses metabolisme tanaman. Logam Cu merupakan mikronutrien yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga memiliki transporter khusus sehingga mudah di serap tanaman, Pengakumulasian logam-logam berat tidak lepas dari peranan mikroba-mikroba yang membantu dalam mengakumulasi logam berat

Penelitian terdahulu mengenai analisis removal logam pada air limbah balai yasa PT.Kereta Api Indonesiamenggunakan tanaman vetiver dengan metode *floating treatment wetland* , tercatat hasil penggunaan tanaman vetiver dan bakteri mampu menurunkan logam Cu 18% - 93%.

Berdasarkan nilai Cu diatas nilai masih berada dibawah baku mutu Peraturan Pemerintah no 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian Pencemaran air (kelas IV) dengan kadar maksimum sebesar 0,2 mg/l.

4.3.4 Logam Cd



Gambar 4. 9 Grafik Konsentrasi Logam Cd Pada Reaktor Aerasi dan Floating Selama 25 hari

Pada gambar ditunjukkan grafik pengujian kadar logam Cd memiliki konsentrasi awal sebesar $-0,02158$ mg/L. Pada hari ke 4 dilakukan pengujian kadar logam, pada reaktor aerasi kadar Cd sebesar $0,200$ mg/l dan pada reaktor floating sebesar $0,127$ mg/l. Pada hari ke 11 dilakukan pengujian logam Cd didapat pada reaktor aerasi sebesar $-0,0233$ mg/l dan reaktor floating $-0,0271$ mg/l. Pada hari ke 18 dilakukan pengujian kadar Cd sebesar $-0,0260$ mg/l dan floating sebesar $-0,0271$ mg/l. Pengujian di hari ke 25 didapat nilai Cd pada reaktor aerasi sebesar $-0,0476$ mg/l dan floating sebesar $-0,0749$ mg/l.

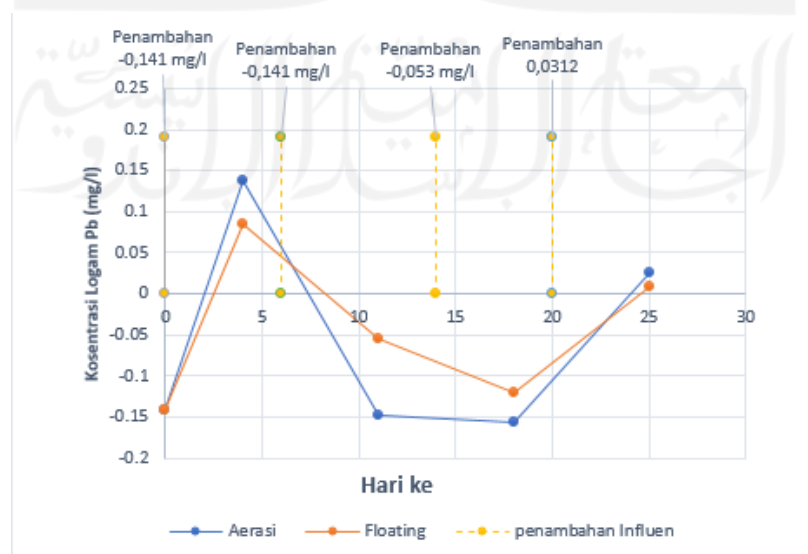
Nilai konsentrasi yang berfluktuasi dapat disebabkan oleh faktor internal ataupun eksternal, faktor internal karena tanaman itu sendiri dan faktor eksternal karena faktor lingkungan yang tidak baik sehingga tidak mendukung proses metabolisme tanaman. Kondisi lingkungan seperti DO, suhu dan PH merupakan faktor pendukung keberadaan logam, oksigen yang

terlarut dapat mempengaruhi kelarutan logam, kenaikan suhu dapat meningkatkan toksisitas logam dan kenaikan pH dapat menurunkan kelarutan logam. Logam Cd merupakan mikronutrien yang dibutuhkan oleh vetiver z, sehingga ketika terpapar Cd akan digunakan untuk proses pertumbuhan. Cd digunakan sebagai penyusun plastocyanin yang berfungsi dalam transport electron dalam fotosintesis, namun apabila konsentrasi Cd terlalu tinggi maka menjadi toksik dan menghambat pertumbuhan (Desy,2015).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh (Desy,2015) Pemanfaatan rumput vetiver dalam proses remediasi logam berat Cd dan Cu , seiring meningkatnya waktu konsentrasi Cd mengalami penurunan dengan rata-rata efisiensi removal sebesar 37,64% - 52,59% .

Berdasarkan nilai Cd diatas, nilai masih berada di bawah baku mutu peraturan pemerintah no 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas Air dan pengendalian Pencemaran air (kelas IV) dengan kadar maksimum sebesar 0,01 mg/l.

4.3.5 Logam Pb



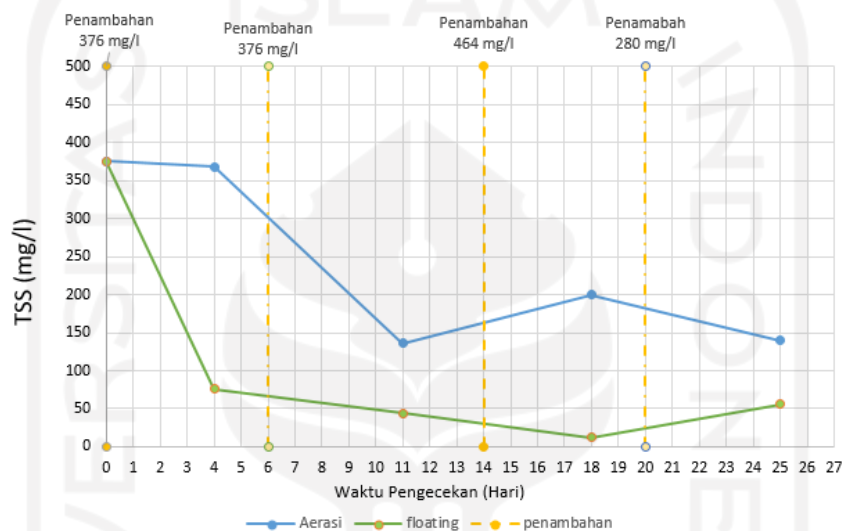
Gambar 4. 10 Grafik Konsentrasi Logam Pb Pada Reaktor Aerasi dan Floating Selama 25 hari

Pada gambar diatas merupakan grafik dari pengujian logam Pb , berdasarkan gambar diatas logam Pb mempunyai konsentrasi awal kurang dari limit of detect yaitu – 0,1419 mg/l , setelah tinggal didalam reaktor selama 4 hari dilakukan pengujian kadar logam Pb , didapat kadar logam Pb pada reaktor aerasi sebesar 0,137 mg/l dan pada reaktor floating sebesar 0,0854 mg/l . Pada pengujian di hari ke 11 didapat nilai Pb sebesar – 0,147 mg/l dan reaktor floating sebesar -0,053 mg/l. Pada hari ke 18 dilakukan pengujian dan didapat nilai Pb pada reaktor aerated sebesar – 0,157 mg/l dan reaktor floating – 0,005 mg/l. Pengujian di hari ke 25 didapat nilai Pb pada reaktor aerated sebesar 0,0262 mg/l dan reaktor floating 0,00908 mg/l. Kadar logam yang berfluktuasi disebabkan oleh beberapa hal, menurut Aryani (2015) kondisi tanaman itu dan kondisi lingkungan yang tidak mendukung proses metabolisme tanaman menjadi penyebabnya. Kondisi lingkungan tersebut seperti temperature, PH, dan Oksigen terlarut (*Dissolved Oxgen*). Sutrisno (2006) berpendapat kenaikan temperature air dapat menguraikan derajat kelarutan mineral sehingga kelarutan logam menjadi tinggi. Temperatur yang tinggi dapat menurunkan kadar oksigen O₂ dalam air.

Jika dibandingkan dengan nilai baku mutu dari peraturan pemerintah No.82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air (kelas IV) hasilnya masih dibawah kadar maksimum , dengan kadar maksimum sebesar 1 mg/l. Adanya penurunan logam Pb menurut Hamzah (2012) logam berat di serap oleh tanaman vetiver z didistribusikan ke akar, hal ini berkaitan dengan tanaman vetiver yang memiliki sistem akar yang mampu menjaring logam berat. Hal ini sejalan dengan penelitian Somsaguan (2002) yang berpendapat tanaman vetiver mampu mengakumulasi logam Pb dan ditimbun di bagian akar, hal ini menunjukkan tanaman vetiver merupakan tanaman akumulator hampir semua jenis logam.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Tanjung (2019) menunjukkan unjuk kerja reaktor continuous wetland menggunakan tanaman vetiver dan bakteri untuk mendegradasi logam Pb, mampu menurunkan kadar Pb sebesar 67% - 76%.

4.3.6 Total Suspended Solid (TSS)

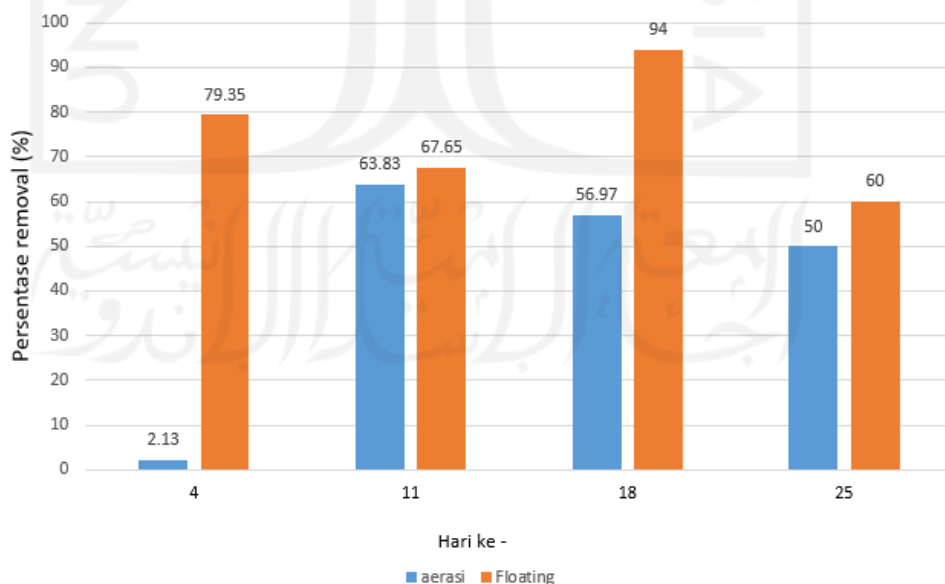


Gambar 4. 11 Grafik Konsentrasi TSS Pada Reaktor Aerasi dan Floating selama 25 hari

Konsentrasi awal *Total Suspended Solid* diketahui sebesar 376 mg/l. Pada hari ke 4 dilakukan sampling dan untuk melihat kinerja reaktor dan menguji kadar TSS setelah tinggal di dalam reaktor selama 4 hari, dilihat dari grafik diatas menunjukkan adanya penurunan nilai TSS pada reaktor aerasi sehingga nilai *Total Suspended Solid* turun menjadi 368 mg/l dan pada floating nilai *Total Suspended Solid* sebesar 76 mg/l hal ini menunjukkan adanya penurunan nilai yang signifikan. Pada hari ke 7 running reaktor, air limbah di tambah dengan yang baru dengan karakteristik yaitu sebesar 376 mg/l setelah hari ke 11 dilakukan sampling untuk diuji nilai TSS dan mengetahui kinerja reaktor, pada hari ke 11 nilai konsentrasi *Total Suspended Solid* pada reaktor aerasi sebesar 136 mg/l dan pada reaktor floating menjadi 44 mg/l hal ini menunjukkan penurunan pada nilai *Total*

Suspended Solid. Pada hari ke 14 air limbah diganti kembali dengan yang baru , yang mana mempunyai konsentrasi awal yaitu 464 mg/l , dan pada hari ke 18 dilakukan sampling untuk mengetahui kadar *Total Suspended Solid* dan kinerja reaktor dengan kadar Total suspended solid yang didapat pada reaktor aerasi sebesar 200 mg/l hal ini menunjukkan adanya penurunan kadar *Total Suspended Solid* , dan pada reaktor floating didapat kadar *Total Suspended Solid* sebesar 12 mg/l hal ini menunjukkan adanya penurunan di reaktor floating. Hari ke 20 dilakukan penambahan limbah baru, didapat nilai awal TSS sebesar 280 mg/l. Hari ke 25 dilakukan pengujian sampel didapat nilai TSS pada aerated wetland sebesar 140 mg/l, dan reaktor floating sebesar 56 mg/l. Menurut Syavira (2022) TSS mengalami penurunan karena adanya proses filtrasi, adsorpsi dan pengendapan oleh tanaman. Zat organik akan tersaring akar tanaman dan padatan akan terakumulasi pada akar tanaman. Zat organik yang tidak tersaring akan mengendap pada dasar reaktor.

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat dari gambar berikut , yaitu grafik efisiensi reduksi TSS :



Gambar 4. 12 Grafik efisiensi removal TSS pada Reaktor Aerasi dan Floating selama 25 hari

Pada Aerasi di hari ke 4 memiliki efisiensi reduksi sebesar 2,13% , hari ke 11 sebesar 63,83%, hari ke 18 sebesar 56,97 % , hari ke 25 sebesar 50 %. Pada Floating hari ke 4 memiliki efisiensi reduksi sebesar 79,79% , hari ke 11 sebesar 67,55% , hari ke 18 sebesar 94% dan hari ke 25 sebesar 60 %. Efisiensi removal paling besar terdapat pada hari ke 18 pada reaktor floating yang bernilai 94%, hal ini disebabkan oleh limbah yang sudah terakumulasi dari proses reduksi sebelumnya yang mana merupakan effluen dari aerated wetland yang tersusun dari tanaman,pasir,kerikil,dan batu. Penurunan kadar TSS ini juga disebabkan karena adanya pengendapan sehingga menurunkan konsentrasi dari TSS dan juga waktu tinggal limbah di dalam reaktor sehingga semakin lama limbah tinggal dan kontak dengan media akan semakin besar efisiensi penurunan konsentrasi TSS.

Mengacu pada baku mutu peraturan Daerah Istimewah Yogyakarta nomor 7 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan industri tekstil, baku mutu untuk konsentrasi *Total Suspended Solid* sebesar 50 mg/l , hal ini menunjukkan konsentrasi pada aerated wetland masi jauh berada di atas baku mutu, dan pada floating wetland konsentrasi yang sudah memenuhi baku mutu yaitu pada hari ke 11 dan 18.

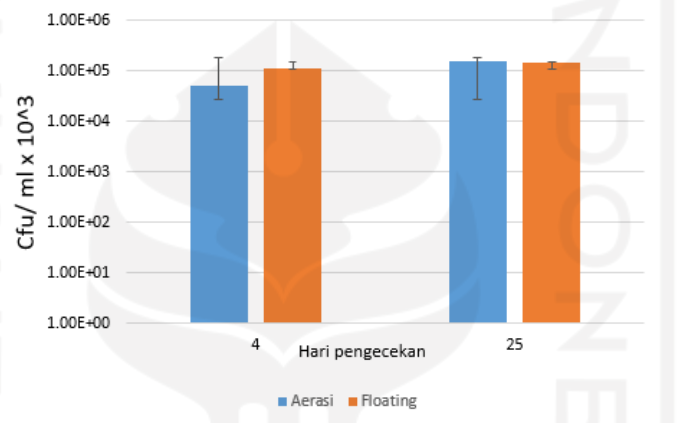
Berdasarkan hasil diatas disimpulkan bahwa pengolahan setelah melalui proses dari aerated wetland sampai floating wetland konsentrasi *Total Suspended Solid* mengalami penurunan yang signifikan sehingga konsentrasi TSS memenuhi baku mutu yaitu pada floating wetland hari ke 18 dengan nilai 12 mg/l , sedangkan baku mutu yaitu sebesar 50 mg/l hal ini menunjukkan penggunaan tanaman vetiver dan bakteri pada reaktor aerated dan floating cukup efisien dalam mereduksi konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS).

Dari hasil penelitian hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu mengenai penurunan TSS menggunakan reaktor Continuous wetland dan tanaman vetiver z kombinasi dengan bakteri endofit oleh (Tanjung,2019), penurunan konsentrasi TSS dari limbah industri dari 8,204 mg/l menjadi

2,273 mg/l (72,29%) . Penelitian yang lainnya juga dilakukan (Simanjuntak, 2019) dalam penurunan kadar TSS menggunakan rumput vetiver berhasil menurunkan 63,02% - 94,74%.

4.3.7 Specific Bacteria Number

Pengujian Total Plate Count dilakukan pada hari ke 4 dan ke 25 dengan menggunakan media Luria bertani agar. berikut merupakan grafik pengujian Total Plate Count (TPC) :



Gambar 4. 13 Grafik Konsentrasi Total Bakteri Pada Reaktor Aerasi dan Floating Hari ke 4 dan 25

Berdasarkan grafik diatas pada reaktor aerasi pada hari ke 4 jumlah koloni berjumlah 50×10^3 , dan hari ke 25 berjumlah 146×10^3 . Pada reaktor floating jumlah koloni pada hari ke 4 berjumlah 112×10^3 dan hari ke 25 berjumlah 157×10^3 . Berdasarkan hasil penelitian Estuningsih (2013) mikroba menggunakan limbah sebagai sumber energi utama. Akar tanaman mengeluarkan eksudat yang terkandung senyawa organik seperti gula, asam amino, asam organic, asam lemak enzim yang digunakan menjadi nutrient bagi bakteri sehingga pertumbuhan bakteri meningkat. Menurut Noviar (2019) meningkatnya pertumbuhan bakteri karena nutrisi yang terkandung masih tersedia sehingga bakteri dapat beradaptasi dengan lingkungannya dan mengalami pertumbuhan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

1. Kemampuan reaktor aerasi dan floating cukup efisien dalam menurunkan nilai logam yang terkandung. Nilai logam yang terkandung dalam limbah setelah tinggal di dalam reaktor sudah berada di bawah baku mutu.
2. Pada Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa reaktor Aerasi Kombinasi dengan reaktor Floating menggunakan tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri konsorsium mampu mengurangi kadar TSS pada limbah tenun dengan efisiensi pada reaktor aerasi sebesar 2,13% - 63,83% , dan reaktor floating sebesar 60% - 94%.
3. Pada Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa reaktor Aerasi Kombinasi dengan reaktor Floating menggunakan tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri konsorsium mampu mengurangi kadar warna pada limbah tenun dengan efisiensi pada reaktor aerasi sebesar 23,57% - 95,53% dan reaktor floating sebesar 13,55% - 90,41%.

1.2 Saran

1. Dari hasil penelitian, diperlukan pengolahan limbah lebih lanjut mendegradasi bahan pencemar sehingga angka konsentrasi bahan pencemar berada dibawah baku mutu
2. Pengecekan pada pompa dan aerator secara berkala agar tidak terjadi perubahan debit dan kerusakan aerator pada reaktor.
3. Penggunaan bahan reaktor perlu diperhatikan agar terhindar dari kebocoran atau reaktor rusak.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdulgani, H., Izzati, M., & S, S. (2014). **Kemampuan Tumbuhan Typha Angustifolia Dalam Sistem Subsurface Flow Constructed Wetland Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Kerupuk (Studi Kasus Limbah Cair Sentra Industri Kerupuk Desa Kenanga Kecamatan Sindang Kabupaten Indramayu Jawa Barat)**. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 16(2), 90. <https://doi.org/10.14710/bioma.16.2.90-101>
- Aka, H. A., Suhendrayatna, & Syaubari. (2017). **Penurunan Kadar Amonia Dalam Limbah Cair Oleh Tanaman Air Typha Latifolia (Tanaman Obor)**. *Ilmu Kebencanaan (JIKA)*, 4(3), 72–75.
- Aryanto, R. (2019). **Kajian Pengelolaan Air Asam Tambang Dengan Menggunakan Metode Aerobic Wetland Dan Pengaruhnya Terhadap Baku Mutu Air Pada Site Lati Pt. Berau Coal. August 2014, 1–10**.
- Atikah. (2021). **PENYISIHAN LOGAM DALAM LIMBAH CAIR** Atikah. *Jurnal Teknik*, 6, 17–25.
- Atlas, R. M. (2010). **Handbook of Microbiological media** (Edisi ke-4). New York: CRC press.
- Azmi, M., Hs, E., & Andrio, D. (2016). **Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman Typha latifolia dengan Metode Constructed Wetland**. *Jom F TEKNIK*, 3(2), 1–5.
- Azizah, M., & Humairoh, M. (2015). **CILEUNGSI Oleh** : *Nusa Sylva*, 15(82), 47–54.
- Chaerisa, N. (2022). **Identifikasi Bakteri Endofit Untuk Meningkatkan Degradasi Zat Warna Pada Pengolahan Limbah Tenun Menggunakan Sistem Floating Treatment Wetland**. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.
- Charoenlarp, K., Surakul, K., Winitkhetkamnoun, P., Kanthupthim, P.,

- Panbumrung, P., & Udorn, S. (2016). *Textile wastewater treatment using vetiver grass cultivated with floating platform technique*. 10(1), 51–57.
- Chandanshive, V., Kadam, S., Rane, N., Jeon, B. H., Jadhav, J., & Govindwar, S. (2020). **In situ textile wastewater treatment in high rate transpiration system furrows planted with aquatic macrophytes and floating phytobeds**. *Chemosphere*, 252, 126513.
- Desy, A. (2015) **Pemanfaatan Rumput Vetiver (Chrysopogon zizanioides,L) Dalam Proses Remediasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu)**. Institut Pertanian Bogor.
- Erdina, T. (2020). **Pengolahan Limbah Cair Tenun dengan Sistem Constructed Treatment Wetland Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver dan Bakteri Indigenous**. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.
- Fitriani, I. N., Puspitasari, A. R., & Amelia, R. N. (2019). **Dekolorisasi Senyawa Azo Limbah Remazol Golden Yellow oleh Bioadsorben Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes)**. *Walisongo Journal of Chemistry*, 2(2), 40.
- Haryono, H., Faizal D, M., Liamita N, C., & Rostika, A. (2018). **Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi dengan Metode Elektroflotasi**. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 3(1), 94.
- Hidayah, E. N., Djalalembah, A., Asmar, G. A., & Cahyonugroho, O. H. (2018). **Pengaruh Aerasi Dalam Constructed Wetland Pada Pengolahan Air Limbah Domestik**. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(2), 155.
- Irmanto, I., & Suyata, S. (2008). **Penurunan Bod Dan Cod Limbah Cair Industri Tekstil Di Kabupaten Pekalongan Dengan Metode Multi Soil Layering**. *Molekul*, 3(2), 98.
- Kandel, S. L., Joubert, P. M., & Doty, S. L. (2017). **Bacterial endophyte colonization and distribution within plants**. *Microorganisms*, 5(4), 9–11.
- Komala, P. S., Wisjnuprpto, & Wenten, I. . (2007). **Pengolahan Zat Warna Azo Menggunakan Bioreaktor Membran Konsektif Aerob-Anaerob Pengolahan Zat Warna Azo Menggunakan Bioreaktor Membran Konsektif Aerob-Anaerob I-15-1**. *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia Dan Proses*, July, 1-15-1-1-15–13.

- Laksono, S. 2012. **Pengolahan Biologis Limbah Batik Dengan Media Biofilter**. Skripsi Ilmiah. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Luthfia A. 2021. **Identifikasi Bakteri Dari Tanah dan Akar Tanaman Vetiveria Zizanioides Untuk menurunkan kadar Logam Limbah tenun. Tugas Akhir**. Universitas Islam Indonesia.
- Kusuma, N.M., Radityaningrum, D. (2018) **Kombinasi pengolahan wetland dan aerasi untuk meningkatkan penurunan BOD dan TSS pada lumpur tangki septik. Jurnal Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya**. Jurnal envirotek Vol. 10. No. 2. 2018.
- Manara A. 2012. **Plants responses in heavy metal toxicity**. Didalam: Furini A, editor. **Plants and heavy metals. Springer briefs in biometals**: 27 -53
- Melani, A. (2017). *Dengan Metode Elektrokoagulasi*. 2(1), 23–34.
- Muflihati, Wahdina, Kartikawati, S. M., & Wulandari, R. S. (2019). **Natural Dye Plants for Traditional Weaving in Sintang and Sambas Regencies, West Kalimantan. Media Konservasi**, 24(3), 225–236.
- Najih, S. K. (2019). **Penggunaan Pigmen Alami Pada Tenun Troso Dengan Fiksasi Asam-Basa: Pendekatan Green Chemistry Melalui Project Based Learning**. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 3(1), 54–64.
- Nawaz, N., Ali, S., Shabir, G., Rizwan, M., Shakoor, M. B., Shahid, M. J., Afzal, M., Arslan, M., Hashem, A., Abd_Allah, E. F., Alyemeni, M. N., & Ahmad, P. (2020). **Bacterial augmented floating treatment wetlands for efficient treatment of synthetic textile dye wastewater. Sustainability (Switzerland)**, 12(9), 1–17.
- Nurtana, R. (2018). **Analisis removal logam pada air limbah balai yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia menggunakan tanaman Vetiver (vetiveria zizanioides) dan bakteri dengan metode floating treatment wetland**. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
- Nuha, U. A., Martin, F. P., & Mubarak, I. (2016). **Toksisitas Letal Akut Limbah Cair Tenun Troso terhadap Ikan Mas (Cyprinus carpio L)**. *Life Science*, 5(1), 1–8.

- Nivala, J., Murphy, C., & Freeman, A. (2020). **Recent advances in the application, design, and operations & maintenance of aerated treatment wetlands.** *Water (Switzerland)*, 12(4), 1–21.
- Noviar, Irma 2019. **Isolasi dan Potensi Bakteri Pendekolorasi Limbah perembusan batik.**Tesis.Universitas Sumatera Utara. Medan
- Ong, S. A., Ho, L. N., Wong, Y. S., Dugil, D. L., & Samad, H. (2011). **Semi-batch operated constructed wetlands planted with Phragmites australis for treatment of dyeing wastewater.** *Journal of Engineering Science and Technology*, 6(5), 623–631.
- Ong, S. A., Uchiyama, K., Inadama, D., Ishida, Y., & Yamagiwa, K. (2010). **Treatment of azo dye Acid Orange 7 containing wastewater using up-flow constructed wetland with and without supplementary aeration.** *Bioresource Technology*, 101(23), 9049–9057.
- Pusparinda, L., & Santoso, I. B. (2016). **Studi Literatur Perencanaan Floating Treatment Wetland di Indonesia.** *Jurnal Teknik ITS*, 5(2).
- Purnomo, C. (2021). **Dampak Pencemaran Limbah Cair Industri Tenun Ikat Terhadap Kualitas Air Dampak Pencemaran Limbah Cair Industri Tenun Ikat Terhadap Kualitas Air Tanah di Kelurahan Bandar Kidul Kota Kediri.** October.
- Purwani, J. (2010). **Remediasi Tanah dengan Menggunakan Tanaman Akumulator Logam Berat Akar Wangi (Vetiveria zizanioides L.).** *Balai Penelitian Tanah. Bogor*, 287–298.
- Purwanto, U. M. S., Pasaribu, F. H., & Maria, B. (2014). **Isolasi Bakteri Endofit dari Tanaman Sirih Hijau (Piper betle L.) dan Potensinya sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri.** *Current Biochemistry*, 1(1), 51–57.
- Rifayanti, R., Kristina, G., Doni, S. R., Setiani, R., & Welha, T. P. (2019). **Filosofi Sarung Tenun Samarinda Sebagai Simbol dan Identitas Ibu Kota Kalimantan Timur.** *Psikostudia : Jurnal Psikologi*, 6(2), 21.
- Sa'adah,N.N . (2020). **Pengolahan limbah cair tenun dengan sistem floating treatment wetland menggunakan kombinasi tanaman vetiver dan bakteri endofit.** Skripsi . Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia .,

- Saratale, R. G., Saratale, G. D., Chang, J. S., & Govindwar, S. P. (2011). **Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: A review.** *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 42(1), 138–157.
- Septiara, N. (2021). **Identifikasi Bakteri Indegineous Untuk Meningkatkan Degradasi Zat Warna Pada Pengolahan Limbah Tenun Menggunakan Sistem Floating Treatment Wetland (FTW).** Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.
- Shehzadi, M., Fatima, K., Imran, A., Mirza, M. S., Khan, Q. M., & Afzal, M. (2016). **Ecology of bacterial endophytes associated with wetland plants growing in textile effluent for pollutant-degradation and plant growth-promotion potentials.** *Plant Biosystems*, 150(6), 1261–1270.
- Suswati, A. C. S. P., & Wibisono, G. (2013). **Pengolahan Limbah Domestik Dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands) | Suswati | The Indonesian Green Technology Journal.** *Indonesian Green Technology Journal*, 2(2), 70–77.
- Siagian, R., Maryudi, M., and Purba, V. (n.d.). **Vetiver Grass As Phytoremediation For Mine Tailing On Tropical.** 4, 639–648.
- SNI 06-6989.8-2009 – Air dan air limbah – Bagian 8: **Cara uji timbal (Pb) dengan spektrofotometro serapan Atom (SSA) – Nyala.** Tangerang.
- SNI 6989.6:2009 – Air dan air limbah – Bagian 6 : **Cara uji tembaga (Cu) secara spektrofotometri serapan atom (SSA) – Nyala**
- SNI 6989.17:2009 – Air dan air limbah – Bagian 17 : **Cara uji Krom total secara spektrofotometri serapan atom (SSA)-nyala**
- SNI 06-6989.16-2004 – Air dan air limbah – Bagian 16: **Cara Uji kadmium (Cd) dengan metode Spektrofotometri Seroan Atom (SSA) – Nyala**
- SNI 6989.3-2019 – **Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended solids/TSS) secara gravimetri**
- SNI 06-6989-80-2011 – Air dan Air limbah – Bagian 80 : **Cara uji warna secara spektrofotometri**

- Sudinno, D., Jubaedah, I., & Anas, P. (2015). **Kualitas Air dan Komunitas Plankton Pada Tambak Pesisir Kabupaten Subang Jawa Barat.** *Jurnal Penyuluhan Perikanan Dan Kelautan*, 9(1), 13–28. <https://doi.org/10.33378/jppik.v9i1.55>
- Susanto, A., Mulyani, T., & Nugraha, S. (2021). **Validasi Metode Analisis Penentuan Kadar Logam Berat Pb, Cd dan Cr Terlarut dalam Limbah Cair Industri Tekstil dengan Metode Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry Prodigy7.** *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(1), 191–200.
- Tara, N., Iqbal, M., Mahmood Khan, Q., & Afzal, M. (2019). **Bioaugmentation of floating treatment wetlands for the remediation of textile effluent.** *Water and Environment Journal*, 33(1), 124–134.
- Tara, Nain., Arslan, Muhammad., Hussain, Zaid., Iqbal, Mazhar., Khan, Q.M., Afzal, Muhammad. 2019. **On site performance of floating treatment wetland macrocosm augmented with dye-degrading bacteria for the remediation of textile industry wastewater.** *Journal Of Cleaner Production*, 217: 541-558
- Tanjung, R. (2019). **Unjuk Kerja Reaktor Wetland Menggunakan Tanaman Vetiver (*Vetiveria Zizanioides*) dan Bakteri Untuk Mendegradasi Kandungan Besi (Fe) , Timbal (Pb) dan Total Suspended Solid (TSS) Dari Limbah Minyak Industri X di Yogyakarta.** Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.
- Teknologi, P., Pengkajian, L.-B., & Teknologi, P. (2017). **Paparan Limbah Cair Industri Mengandung Logam Berat pada Lahan Sawah di Desa Jelegong, Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung Industrial Wastewater Containing Heavy Metal Exposures on Paddy Field in Jelegong Village, Rancaekek District, Bandung Regency WA.** *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), 173–181.
- Wallace, S. D., van Oirschot, D., & Stefanakis, A. I. (2019). **Aerated Wetlands.** *Wetland Technology: Practical Information on the Design and Application of Treatment Wetlands, February.*
- Wiraningtyas, A., Ruslan, R., Sandi, A., & Nasir, M. (2019). **Pewarnaan Benang Menggunakan Ekstrak Daun Nila (*Indigofera*).** *Jurnal Redoks : Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 3(1), 8–12.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian Konsentrasi cadmium (Cd)

waktu	Aerasi	Floating
0	-0.0215833	-0.02158
4	0.02001518	0.127681
11	-0.0233525	-0.02719
18	-0.0260062	-0.02719
25	-0.0476215	-0.07491

Lampiran 2 Hasil pengujian konsentrasi Timbal (Pb)

waktu	Aerasi	Floating
0	-0.1419311	-0.14193
4	0.13709292	0.085404
11	-0.1478593	-0.05385
18	-0.157175	-0.12076
25	0.02623936	0.00908

Lampiran 3 Hasil Pengujian Krom (Cr)

waktu	Aerasi	Floating
0	0.06600295	0.066003
4	-0.0543556	-0.08502
11	0.04636063	0.083061
18	0.01379573	0.016897
25	-0.0369586	-0.04264

Lampiran 4 Hasil Pengujian Tembaga (Cu)

waktu	Aerasi	Floating
0	0.0256845	0.025685
4	-0.0018837	-0.00361
11	-0.0008499	-0.00085
18	0.02740751	-0.00464
25	0.00272779	0.002728

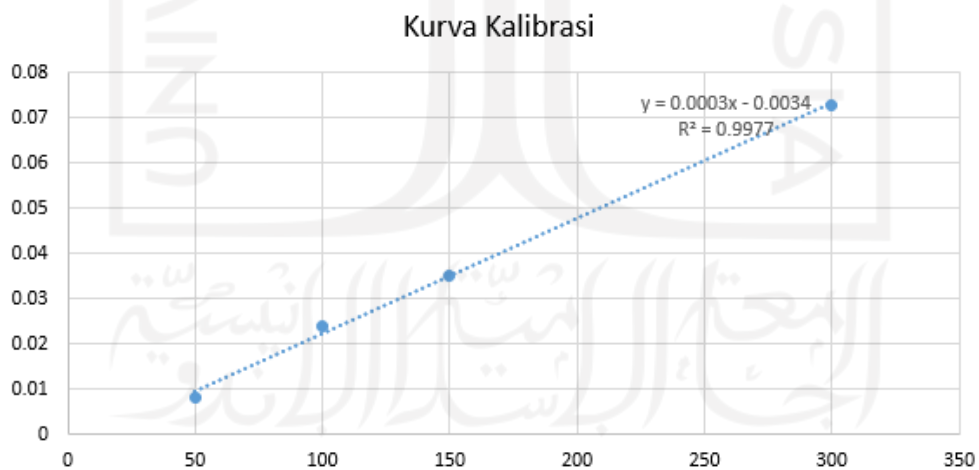
Lampiran Hasil Pengujian TSS

Hari	Aerasi	Floating
0	376	376
4	368	76
11	136	44
18	200	12
25	140	56

Lampiran Effisiensi Reduksi TSS

hari	aerasi	floating
4	2.13 %	79.79 %
11	63.83 %	88.3 %
18	56.97 %	97.41 %
25	50 %	80 %

Lampiran Kurva Kalibrasi Larutan standar warna



Lampiran Pengujian Konsentrasi awal zat warna

Tanggal sampling	Hari/Tanggal	Karakteristik
------------------	--------------	---------------

		Abs	Fp	Nilai Asli	Nilai Ptco	Rata-Rata
Rabu 27 juli 2022	Karakteristik ke 1	0.012	100	51.33	5133.33	4666.67
		0.011		48	4800	
		0.010		44.67	4466.67	
		0.011		48	4800	
		0.009		41.33	4133.33	
		0.011		48	4800	5066.67
		0.011		48	4800	
		0.013		54.67	5466.67	
		0.012		51.33	5133.33	
		0.012		51.33	5133.33	
		0.012		51.33	5133.33	4666.67
		0.011		48	4800	
		0.011		48	4800	
		0.010		44.67	4466.67	
		0.009		41.33	4133.33	
Rata - Rata						4800

Lampiran Hasil Pengujian Sampel Minggu Pertama Pada reaktor aerasi

Tanggal sampling	Hari/Tanggal	Aerasi				
		Abs	Fp	Nilai Asli	Nilai Ptco	Rata-Rata
Sampel 1 , 19 juli 2022	21 juli 2022	0.063	1	221.33	221.33	223.33
		0.062		218	218	
		0.063		221.3	221.33	
		0.065		228	228	
		0.065		228	228	
		0.063		221.33	221.33	222.67
		0.063		221.33	221.33	
		0.063		221.33	221.33	
		0.064		224.67	224.67	
		0.064		224.67	224.67	
		0.063		221.33	221.33	219.33
		0.063		221.33	221.33	
		0.062		218	218	
		0.062		218	218	
		0.062		218	218	

Lampiran Hasil Pengujian Sampel Minggu Pertama Pada reaktor Floating

Floating				
Abs	Fp	Nilai Asli	Nilai Ptco	Rata-Rata
0.037	1	134.67	134.67	132
0.037		134.67	134.67	
0.037		134.67	134.67	
0.035		128	128	
0.035		128	128	
0.037		134.67	134.67	137.33
0.038		138	138	
0.038		138	138	
0.038		138	138	
0.038		138	138	
0.037		134.67	134.67	135.33
0.037		134.67	134.67	
0.038		138	138	
0.038		138	138	
0.036		131.33	131.33	

Lampiran hasil pengujian sampel minggu kedua pada reaktor aerasi

Tanggal sampling	Hari/Tanggal	Aerasi				
		Abs	Fp	Nilai Asli	Nilai Ptco	Rata-Rata
Sampel 2 ,27 juli 2022	28 juli 2022	0.033	10	121	1213	1193
		0.032		118	1180	
		0.032		118	1180	
		0.033		121	1213	
		0.032		118	1180	
		0.032		118	1180	1193
		0.032		118	1180	
		0.032		118	1180	
		0.033		121	1213	
		0.033		121	1213	
		0.030		111	1113	1187

		0.032	118	1180	
		0.033	121	1213	
		0.033	121	1213	
		0.033	121	1213	

Lampiran hasil pengujian sampel minggu kedua pada reaktor Floating

Floating				
Abs	Fp	Nilai Asli	Nilai Ptco	Rata-Rata
0.030	1	111.33	111.33	114
0.031		114.67	114.67	
0.031		114.67	114.67	
0.031		114.67	114.67	
0.031		114.67	114.67	
0.031		114.67	114.67	113.33
0.030		111.33	111.33	
0.030		111.33	111.33	
0.031		114.67	114.67	
0.031		114.67	114.67	
0.031		114.67	114.67	115.33
0.031		114.67	114.67	
0.031		114.67	114.67	
0.031		114.67	114.67	
0.031		114.67	114.67	
0.032			118	118

Lampiran Pengujian Konsentrasi awal zat warna

Tanggal sampling	Hari/Tanggal	Karakteristik				
		Abs	Fp	Nilai Asli	Nilai Ptco	Rata-Rata
Rabu 3 agustus 2022	Kamis 4 agustus 2022	0.029	50	108	5400	5533.33
		0.030		111.33	5566.67	
0.030		111.33		5566.67		
0.030		111.33		5566.67		
0.030		111.33		5566.67		
Karakteristik 3		0.029	50	108	5400	5466.67
		0.029		108	5400	
		0.030		111.33	5566.67	
	0.030	111.33		5566.67		

		0.029		108	5400	
		0.029	50	108	5400	5466.67
		0.029		108	5400	
		0.029		108	5400	
		0.030		111.33	5566.67	
		0.030		111.33	5566.67	
Rata - Rata						5488.89

Lampiran hasil pengujian sampel minggu ketiga pada reaktor Aerasi

Tanggal sampling	Hari/Tanggal	Aerasi				
		Abs	Fp	Nilai Asli	Nilai Ptco	Rata-Rata
Sampel 3 , 3 agustus 2022	4 agustus 2022	0.018	50	71.33	3566.67	3600
		0.018		71.33	3566.67	
		0.018		71.33	3566.67	
		0.018		71.33	3566.67	
		0.019		74.67	3733.33	
		0.018		71.33	3566.67	3700
		0.019		74.67	3733.33	
		0.019		74.67	3733.33	
		0.019		74.67	3733.33	
		0.019		74.67	3733.33	
		0.018		71.33	3566.67	3600
		0.018		71.33	3566.67	
		0.018		71.33	3566.67	
		0.018		71.33	3566.67	
		0.019		74.67	3733.33	

Lampiran hasil pengujian sampel minggu ketiga pada reaktor Floating

Floating				
Abs	Fp	Nilai Asli	Nilai Ptco	Rata-Rata
0.020	50	78	3900	4000
0.020		78	3900	

0.021		81.33	4066.67	
0.021		81.33	4066.67	
0.021		81.33	4066.67	
0.021		81.33	4066.67	
0.021		81.33	4066.67	
0.021		81.33	4066.67	
0.021		81.33	4066.67	
0.021		81.33	4066.67	4066.67
0.020		78.00	3900.00	
0.020		78.00	3900.00	
0.020		78.00	3900.00	
0.021		81.33	4066.67	
0.021		81.33	4066.67	3966.67

Lampiran hasil pengujian sampel minggu ke-empat pada reaktor Aerasi

Tanggal sampling	Hari/Tanggal	Aerasi				Rata-Rata
		Abs	Fp	Nilai Asli	Nilai Ptco	
Sampel 4 , 11 agustus 2022	12 agustus 2022	0.011	1	48	48	47.556
		0.011		48	48	
		0.011		48	48	
		0.011		48	48	
		0.010		44.67	44.67	
		0.010		44.67	44.67	
		0.012		51.33	51.33	
		0.011		48	48	
		0.011		48	48	
		0.010		44.67	44.67	
		0.010		44.67	44.67	
		0.010		44.67	44.67	
		0.011		48	48	
		0.012		51.33	51.33	
0.012	51.33	51.33				

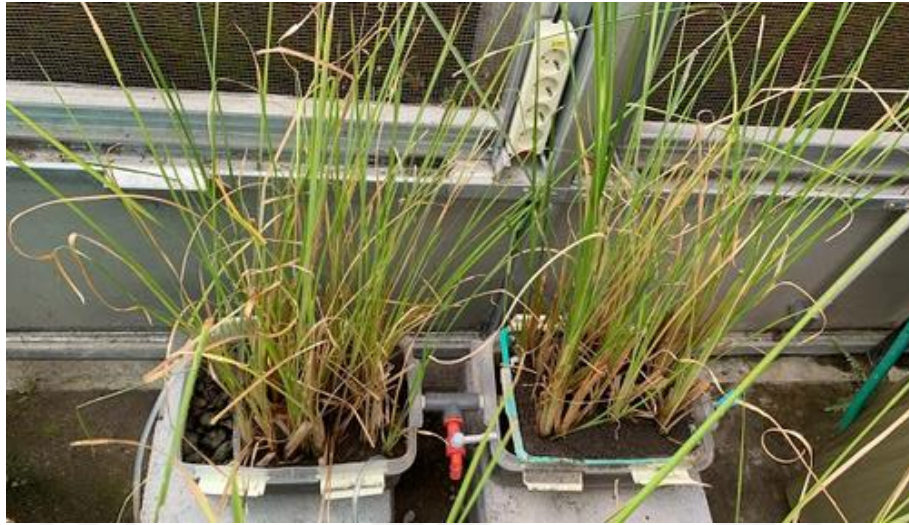
Lampiran hasil pengujian sampel minggu ke- empat pada reaktor Floating

Floating				
Abs	Fp	Nilai Asli	Nilai Ptco	Rata-Rata
0.010	1	44.67	44.67	41.11
0.010		44.67	44.67	
0.010		44.67	44.67	
0.009		41.33	41.33	
0.009		41.33	41.33	
0.009		41.33	41.33	
0.009		41.33	41.33	
0.009		41.33	41.33	
0.009		41.33	41.33	
0.009		41.33	41.33	
0.008		38	38	
0.009		41.33	41.33	
0.009		41.33	41.33	
0.008		38	38	
0.008		38	38	
0.008		38	38	

Lampiran Effisiensi Reduksi zat warna

waktu	aerasi	floating
4	95.35	97.19
11	75.19	97.62
18	33.81	26.92
25	23.57	33.93

Lampiran gambar reaktor *Aerasi* dan *Floating Wetland*



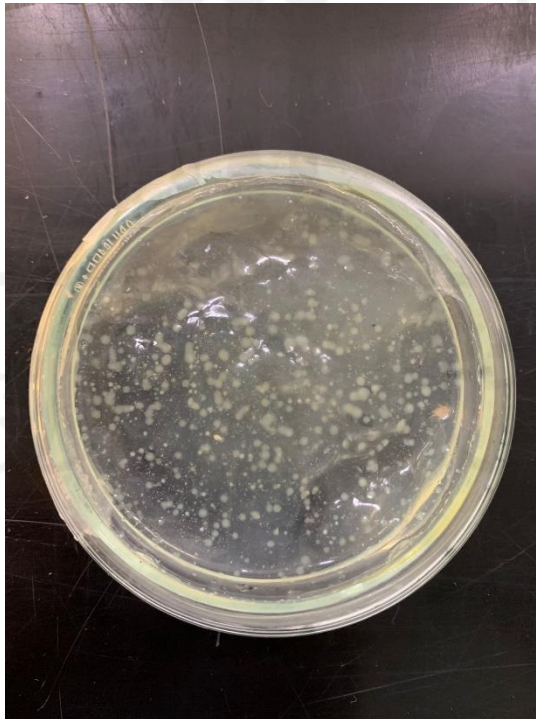
Lampiran saat melakukan destruksi untuk uji logam



Lampiran pada saat pengujian TSS



Lampiran pengjian Total Plate count

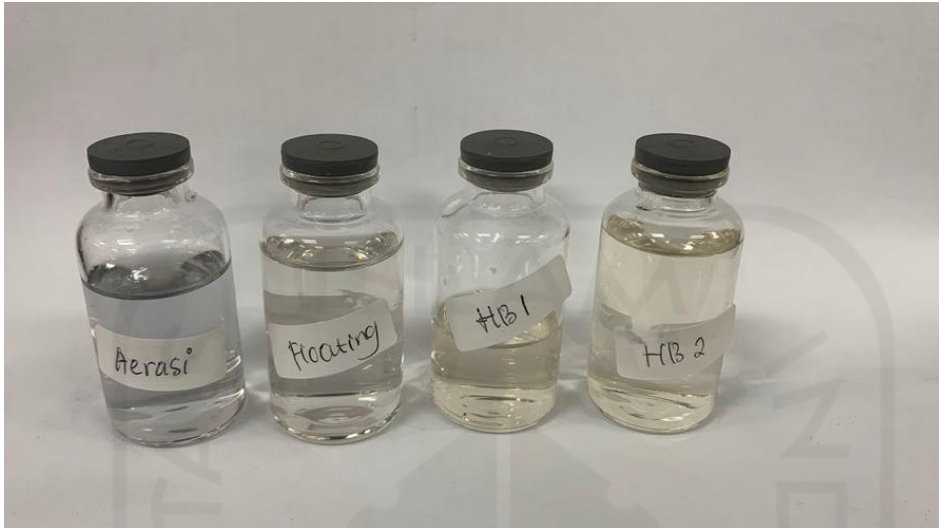




Lampiran pada saat pembacaan absorbansi zat warna di Spektrofotometer UV-Vis



Lampiran Air limbah yang telah disaring



Pembacaan berat saringan pada saat pengujian TSS







