FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN VARIASI KOMBINASI TANAMAN KIAMBANG *(Salvinia molesta M)* DAN TANAMAN KAYU APU *(Pistia stratiotes L)* DALAM MENURUNKAN BESI (Fe) DENGAN SISTEM *BATCH*

TUGAS AKHIR

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada program studi Teknik Lingkungan

Disusun Oleh:

Maryana

H75216039

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Maryana

NIM : H75216039

Program Studi : Teknik Ligkungan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul "FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN VARIASI KOMBINASI TANAMAN KIAMBANG *(Salvinia molesta M)* DAN TANAMAN KAYU APU *(Pistia stratiotes L)* DALAM MENURUNKAN BESI (Fe) DENGAN SISTEM BATCH". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslia ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 15 Juli 2020

Yang menyatakan

METERAI TEMPEL

CF046AHF555366237

6000

ENAM RIBU RUPIAH

(Maryana)

NIM. H75216039

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir oleh

NAMA : MARYANA

NIM : H75216039

JUDUL : FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN VARIASI KOMBINASI TANAMAN KIAMBANG *(Salvinia molesta M)* DAN TANAMAN KAYU APU *(Pistia stratiotes L)* DALAM MENURUNKAN BESI (Fe) DENGAN SISTEM *BATCH*

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan.

Surabaya, **15** Juli 2020

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Surita Oktorina, M. Kes	Dedy Suprayogi, S.KM, M.KL
NIP. 198710052014032003	NIP. 198512112014031002

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Tugas Akhir Maryana ini telah dipertahankan
di depan Tim Penguji di Surabaya Pada tanggal 20 Juli 2020

Mengesahkan,

Dewan Penguji

Dosen Penguji I

Sarita Oktorina, M. Kes
NIP. 198710052014032003

Dosen Penguji II

Dedy Suprayogi, S.KM, M.KL
NIP. 198512112014031002

Dosen Penguji III

Shinfi Wazna Auvaria, M.T
NIP. 198603282015032001

Dosen Penguji IV

Rr. Diah Nugraheni Setyowati, M.T
NIP. 198205012014032001

Mengetahui,

Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

(Dr. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag)
NIP. 197312272005012003

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Maryana
NIM : H75216039
Fakultas/Jurusan : Sains Dan Teknologi/ Teknik Lingkungan
E-mail address : Meriana820@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
☑ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

Fitoremediasi Menggunakan Variasi Kombinasi Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* Dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Dalam Menurunkan Besi (Fe) Dengan Sistem *Batch*

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 30 Juli 2020

Penulis

(Maryana)

ABSTRAK

Fitoremediasi Menggunakan Variasi Kombinasi Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* dalam Menurunkan Besi (Fe) dengan Sistem *Batch*

Meningkatnya pembangunan industri dapat menyebabkan pencemaran dan kerusakan lingkungan. Logam besi (Fe) merupakan logam esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebihan akan menimbulkan efek racun. Logam berat besi (Fe) masih sering dijumpai dalam air tanah. Untuk mengatasi permasalahan yang ada maka diperlukan sebuah teknologi yang ramah lingkungan yakni dengan teknologi fitoremediasi. Fitoremediator yang akan digunakan dalam bentuk tanaman air yaitu tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L).* Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi Besi (Fe) pada air tanah menggunakan variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)*. Metode penelitian ini bersifat eksperimental dan pendekatan penelitian yang digunakan adalah analisa kualitatif. Proses fitoremediasi dengan sistem *batch* menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* sebanyak 300 gram (menggunakan variasi jumlah berbeda dengan berat yang sama yaitu (25:75) (150:150) (75:25)) pada setiap reaktor. Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunanan pada hari ke-12 pada kelompok perlakuan reaktor 1 dengan perbandingan (25:75) tanaman yaitu 0,30 mg/l dan efisiensi sebesar 47%. Sedangkan pada kelompok perlakuan reaktor 2 dengan perbandingan (150:150) tanaman yaitu 0,06 mg/l dan efisiensi sebesar 93%. Pada kelompok perlakuan reaktor 3 dengan perbandingan (75:25) tanaman yaitu 0,49 mg/l dan efisiensi sebesar 9%. Nilai efisiensi tertinggi pada penurunan konsentrasi Besi (Fe) pada air tanah menggunakan variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* terdapat pada kelompok perlakuan reaktor 2 yaitu sebesar 93% pada hari ke-12.

Kata Kunci: Besi (Fe), Air tanah, Fitoremediasi, *Salvinia molesta M, Pistia stratiotes L*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

Phytoremediation Using Variations Combination of Kiambang *(Salvinia molesta M)* and Apu *(Pistia stratiotes L)* Plants in Reducing Iron (Fe) with Batch System

The increased industrial development can cause pollution and environmental damage. Iron metal (Fe) is an essential metal whose existence is a certain amount needed by living organisms, but in excessive amounts will cause toxic effects. The heavy metal iron (Fe) is still often found in groundwater. To solve the problem there is a technology that is environmentally friendly, nemely with phytoremediation technology. Phytoremediator that will be used in the form of plant water that is the crop kiambang *(Salvinia molesta M)* and wood of the apu *(Pistia stratiotes L).* The purpose of this research is to know the efficiency of iron concentration decrease (Fe) on groundwater using a combination of kiambang crop *(Salvinia molesta M)* and wooden apu *(Pistia stratiotes L)*. This research method is experimental and the research approach used is qualitative analysis. The process of phytoremediation with a batch system using a Kiambang plant *(Salvinia molesta M)* and wooden apu *(Pistia stratiotes L)* as much as 300 grams (uses a variation of the amount different from the same weight (25:75) (150:150) (75:25)) in each reactor. The results showed a decline on the 12th day of the reactor 1 treatment group By comparison (25:75) of plants 0.30 mg/l and efficiency of 47%. While in the reactor treatment group 2 by comparison (150:150) Plant 0.06 mg/l and efficiency of 93%. In the reactor treatment group 3 by comparison (75:25) The plant is 0.49 mg/l and efficiency amounted to 9%. The highest efficiency value in decreasing the concentration of iron (Fe) in groundwater using variations in the combination of Kiambang plant *(Salvinia molesta M)* and the wooded plant *(Pistia stratiotes L)* in the reactor treatment group 2 is 93% on the 12th day.

Keywords: Iron (Fe), Groundwater, Phytoremediation, *Salvinia molesta M, Pistia stratiotes L*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **i**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **ii**

PENGESAHAN TIM PENGUJI AKHIR ..... **iii**

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ..... **iv**

ABSTRAK ..... **v**

ABSTRACT ..... **vi**

DAFTAR ISI ..... **vii**

DAFTAR TABEL ..... **x**

DAFTAR GAMBAR ..... **xi**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan 3

1.4 Manfaat Penelitian 3

1.5 Batasan Masalah 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**

2.1 Air Tanah 5

2.2 Baku Mutu Air Tanah 12

2.3 Limbah Industri 13

2.3.1 Baku Mutu Air Limbah 14

2.3.2 Dampak Industri Terhadap Lingkungan 15

2.4 Logam Berat 16

2.4.1 Logam Berat Besi (Fe) 17

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.4.2 Kadar Besi (Fe) Dalam Air 19
2.4.3 Sumber Dan Bahaya Logam Berat (Fe) 21
2.5 Pengolahan Limbah Cair 23
2.6 Fitoremediasi 25
2.6.1 Aklimatisasi Tanaman Uji 27
2.6.2 Mekanisme Proses Fitoremediasi.....27
2.7 Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* 31
2.8 Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* 34
2.9 Proses Penyerapan Logam Berat Oleh Tanaman 37
2.10 Sistem *Batch*.....39
2.11 Integrasi Keilmuan Dalam Pandangan Islam 40
2.12 Penelitian Terdahulu.....42
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....49
3.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian.....49
3.2 Alat Dan Bahan 49
3.3 Kerangka Pikir Penelitian.....49
3.4 Variabel Penelitian 51
3.5 Tahapan Penelitian 51
3.5.1 Tahap Persiapan Penelitian 53
3.5.2 Pelaksanaan Penelitian.....53
3.5.3 Tahap Pengolahan Data Dan Penyusunan Laporan 58
3.6 Hipotesis Penelitian.....59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 60
4.1 Tahap Aklimatisasi Tanaman.....60

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2 Hasil Uji Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta M*) Dan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*) 65

4.3 Kemampuan Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* Dan Tanaman Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Terhadap Penurunan Besi (Fe) 83

4.4 Efisiensi Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* Dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Terhadap Penyisihan Besi (Fe) 91

4.5 Analisa Perbedaan Variasi Kombinasi Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* Dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Terhadap Penyisihan Besi (Fe) 94

BAB V PENUTUP.....97

5.1 Kesimpulan.....97

5.2 Saran.....97

DAFTAR PUSTAKA.....98

LAMPIRAN

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Minum.....12
Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah.....14
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu.....42
Tabel 3. 1 Perlakuan Sampel Penelitian.....56
Tabel 4. 1 Kondisi Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* Dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Saat Aklimatisasi.....60
Tabel 4. 2 Kondisi Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* Dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Saat Uji Fitoremediasi.....67
Tabel 4. 3 Kondisi Morfologi Tanaman Sebelum Dan Sesudah Perlakuan.....78
Tabel 4. 4 Kemampuan Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* Dan Tanaman Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Terhadap Removal Besi (Fe).....83
Tabel 4. 5 Efisiensi (%) Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* Dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Terhadap Penyisihan Besi (Fe).....91
Tabel 4. 6 Hasil Uji Statistik Kruskal Wallis Pada Konsentrasi Besi (Fe) 95

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Fitoekstraksi 28
Gambar 2. 2 Proses Rhizofiltrasi 28
Gambar 2. 3 Proses Fitodegradasi 29
Gambar 2. 4 Proses Fitovolatilisasi 30
Gambar 2. 5 Tanaman kiambang *(Salvinia Molesta M)*.....32
Gambar 2. 6 Tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)*.....35
Gambar 3.1 Kerangka Pikir Penelitian.....50
Gambar 3. 2 Tahapan Penelitian..... 52
Gambar 3. 3 Reaktor sistem *batch*..... 57
Gambar 4. 1 Kemampuan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* terhadap penurunan besi (Fe).....85
Gambar 4.2 Efisiensi (%) Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Terhadap Penyisihan Besi (Fe).....93

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya pembangunan industri maka banyak juga dampak yang ditimbulkan. Salah satu dampak yang sering dijumpai adalah pencemaran dan kerusakan lingkungan, seperti pencemaran logam berat. Pencemaran logam berat terbentuk melalui rantai makanan (Hidayati, 2013). Bentuk pencemaran logam berat dapat mengganggu keseimbangan fisik, kimia, dan biologi tanah seperti, besi (Fe). Logam berat menjadi perhatian serius karena berpotensi polusi yang menyebar melalui angin, air dan penyerapan oleh tumbuhan (Nuril, 2005).

Logam berat yang digunakan pada penelitian ini adalah besi (Fe), karena besi (Fe) masih sering dijumpai dalam air tanah. Logam besi (Fe) merupakan logam esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebihan akan menimbulkan efek racun (Endrawati, 2015). Air tanah yang digunakan pada penelitian ini menggunakan air sumur daerah Driyorejo. Driyorejo merupakan daerah industri sehingga pencemar yang ada didaerah tersebut masih tinggi. Berdasarkan hasil analisa H_0 pada saat penelitian didapatkan kosentrasi besi (Fe) pada air tanah sebesar 0,657mg/l. Selain daerah Driyorejo kualitas air tanah mengandung besi (Fe) masih sering dijumpai diantaranya di Kelurahan Tembalang dan Sidoarjo (Kapri, 2017; Tika, 2013).

Untuk meremoval besi (Fe) dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya, dengan proses aerasi – filtrasi, khlorinasi – filtrasi, kalium permagganat – filtrasi dengan mangan zeolit, akan tetapi metode – metode tersebut membutuhkan peralatan yang banyak dan mahal (Said N. I., 2005). Selain metode tersebut terdapat metode lain untuk meremoval logam berat (Fe) yaitu dengan cara fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan teknologi yang sederhana, ramah lingkungan, murah dan tidak banyak menggunakan lahan serta dapat menyerap polutan (Yuliani, 2019).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada penelitian ini tanaman yang digunakan sebagai fitoremediator yaitu tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L).* Pemilihan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* karena memiliki pertimbangan yang tinggi dari sifat hiperakumulator yang memiliki kemampuan tumbuh diperairan dengan kadar nutrisi yang rendah, dan memiliki pertumbuhan yang cepat, mudah dijumpai di sawah, sungai, dan rawa (Hibatuallah, 2019). Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan (Puspita, 2015) pada pengurangan kadmium menggunakan tanaman kiambang (*Salvinia adnata* Desv) dan kayu apu (*Pistia stratiotes L)* mampu meremoval kadmium (Cd) 0,6333 mg/l dalam 14 hari. Sedangkan berdasarkan (Gini, 2017) pada limbah buangan industri menggunakan tanaman *(Salvinia molesta M)* dapat meremoval kadar besi (Fe) 0,765 mg/l dalam waktu selama 10 hari. Dalam penelitian ini penurunan logam berat besi (Fe) menggunakan fitoremediasi dengan reaktor sistem *batch.* Penggunaan sistem *batch* pada penelitian ini berdasarkan pertimbangan seperti biaya perawatan dan biaya instrumentasi rendah, Penggunaan fleksibel, Penggunaan yang multifungsi dan mudah dibersihkan dan lain sebagainya.

Allah SWT telah menjelaskan manfaat dari tanaman yang ada dibumi dalam Al-Qur'an (Q.S Al-Luqman : 10) yang berisi :

خَلَقَ ٱلسَّمَٰوَٰتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا ۖ وَأَلْقَىٰ فِى ٱلْأَرْضِ رَوَٰسِىَ أَن تَمِيدَ بِكُمْ وَبَثَّ فِيهَا مِن كُلِّ دَآبَّةٍ ۚ وَأَنزَلْنَا مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَنۢبَتْنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Yang artinya " *Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan dia meletakkan gunung – gunung (dipermukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu, dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis binatang. Dan kami turunkan air hujan dari langit, lalu kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh – tumbuhan yang baik"* (Q.S Al-Luqman : 10)

Dari ayat diatas telah dijelaskan sesungguhnya Allah SWT telah memilihkan yang terbaik untuk hambanya dengan menciptakan tumbuhan yang baik. Sebagai wujud rasa syukur kepada Allah SWT. Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini dimaksudkan untuk meneliti penurunan logam berat besi (Fe) pada air tanah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan judul Fitoremediasi Menggunakan Variasi Kombinasi Tanaman Kiambang *(Salvinia Molesta M)* dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia Stratiotes L)* dalam Meremoval Besi (Fe) dengan Sistem *Batch.*

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini menggunakan metode fitoremediasi untuk mengolah air tanah yang tercemar logam berat Besi (Fe). Adapun rumusan masalah yang ada dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana efisiensi penurunan konsentrasi besi (Fe) pada air tanah menggunakan variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* ?
2. Bagaimana perbedaan jumlah variasi kombinasi tanaman dalam meremoval logam berat besi (Fe) pada air tanah menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* ?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini berhubungan dengan rumusan masalah yang akan diteliti pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi Besi (Fe) pada air tanah menggunakan variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)*
2. Mengetahui perbedaan jumlah variasi kombinasi tanaman dalam meremoval logam berat besi (Fe) pada air tanah menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)*

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Instansi

Harapan dari penelitian yang telah dilakukan dapat menjadi informasi serta referensi untuk pengetahuan mahasiswa UIN Sunan Ampel Surabaya, tentang Fitoremediasi Menggunakan Variasi Kombinasi Tanaman Kiambang *(Salvinia*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

molesta M) dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* dalam Menurunkan Besi (Fe) dengan Sistem *Batch.*

2. Akademis
   a. Dapat dijadikan sebagai sasaran dalam meningkatkan pengetahuan dan wawasan tentang efektivitas penurunan logam berat besi (Fe) pada air tanah menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* dengan sistem *batch*.
   b. Dapat dijadikan sebagai sumber data untuk dijadikan bahan perbandingan penelitian dibidang pencemaran air dengan menggunakan fitoremediasi.
3. Masyarakat

Harapan dari penelitian yang telah dilakukan dapat diterapkan secara langsung oleh masyarakat untuk megurangi pencemaran air tanah yang dilakukan dengan teknik fitoremediasi menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* dengan sistem *batch.*

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Menggunakan sampel air tanah yang tercemar logam berat besi (Fe) daerah Driyorejo
2. Reaktor sebanyak 4 buah dengan ukuran P x L x T = 60 cm x 35 cm x 15 cm
3. Pengukuran besi (Fe) pada sampel setelah mencapai hari ke- 0,4,8,12 pada setiap reaktor
4. Fitoremediasi menggunakan sistem *batch*
5. Tanaman yang digunakan yaitu tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* sebanyak 300 gram (menggunakan variasi jumlah berbeda dengan berat yang sama) pada setiap reaktor. Tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* yang digunakan memiliki daun berwarna hijau dan berukuran seragam (daun 17– 45 helai, dan panjang akar 6 – 7,5 cm) sedangkan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* yang digunakan memiliki jumlah daun 19 – 23 helai, berdaun hijau dengan panjang akar 16 – 21 cm.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Tanah

Air tanah merupakan salah satu air yang ada dibumi yang terletak dalam tanah. Air tanah berada dalam lapisan tanah pada bagian teratas sampai yang terbawah. Air tanah merupakan salah satu sumber air yang ada di bumi yang memiliki banyak manfaat. Air tanah tidak selalu bersih akan tetapi ada saatnya keruh dan banyak mengandung logam berat yang pada umumnya masih terlihat jernih (Sutandi, 2012).

Air tanah jernih pada umumnya banyak dijumpai didaerah pegunungan yang masih asri dan jauh dari aktivitas manusia dan industri. Penduduk daerah pegunungan biasanya mengkonsumsi air tanah secara langsung. Akan tetapi air tanah yang ada didaerah industri tidak dapat dikonsumsi secara langsung. Penyebab air tanah didaerah industri tidak dapat dikonsumsi secara langsung karena air tanah telah terkontaminasi dari kali yang ada didekat industri (Nevyana, 2019). Air tanah terbagi menjadi dua jenis diantaranya :

a. Air tanah freatis merupakan air tanah yang berada tidak jauh dari permukaan tanah yang berada diatas lapisan kedapan air / *impermeabel*
b. Air tanah artesis merupakan air tanah yang berada jauh dari permukaan tanah jauh didalam tanah, umumnya berada diantara dua lapisan yang kedap air.

Berdasarkan tempat asalnya air tanah dibedakan sebagai berikut :

a. *Meteoric Water* atau yang sering disebut air tanah yang berasal dari atmosfer adalah air yang berasal dari hujan ataupun air yang berasal dari pencairan salju.
b. Air tanah yang berasal dari dalam bumi seperti air tanah yang tersimpan didalam batuan sedimen
c. Air tanah *juvenil* adalah air yang berasal dari naiknya gas – gas magma yang terlepas dari mata air panas

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Air tanah merupakan salah satu fase dalam daur hidrologi yaitu suatu peristiwa yang selalu berulang – ulang. Tahap air dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer. Air meguap dari darat maupun laut kemudian terjadi pengembunan yang akan membentuk awan yang berkumpul akan menjadi hujan yang diturunkan lagi kebumi. Menurut (Valentino, 2013) sumber daya air tanah yang dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai berikut :

a. Air tanah dangkal (akuifer tak tertekan) adalah air yang tersimpan dalam akuifer dekat permukaan yang memiliki kedalaman sekitar 15 sampai 40 meter. Air tanah dangkal biasanya dimanfaatkan sebagai kegiatan non pertanian, biasanya digunakan untuk keperluan rumah.
b. Air tanah dalam (akuifer tertekan) adalah air yang tersimpan dalam akuifer yang terdapat pada kedalaman lebih dari 40 meter. Air tanah dalam biasanya dimanfaatkan oleh PDAM atau industri.

Berdasarkan peraturan menteri Republik Indonesia Nomer/492/Menkes/per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Persyaratan penting yang di gunakan untuk mengukur kualitas air minum adalah parameter fisika, parameter kimia, parameter mikrobiologi. Beberapa parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas air minum sebagai berikut :

1. Parameter Fisika

Penentuan drajat kekotoran yang ada pada air dapat dipengaruhi adanya sifat fisik yang mudah terlihat dalam air. Adapun sifat fisik yang terkandung dalam air sebagai berikut :

a. Bau

Bau merupakan keadaan fisik air yang mengalami perubahan yang disebabkan oleh H_2S yang terbentuk dalam bentuk kondisi anaerobik dan adanya senyawa - senyawa organik tertentu. Bau dalam air dapat menunjukkan kemungkinan adanya organisme penghasil bau dan senyawa – senyawa asing yang mengganggu kesehatan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Warna

Warna air yang ada di alam sangat bervariasi, misalnya warna air di rawa berwarna kuning/coklat dan kehijauan, air sungai berwarna kuning kecoklatan karena mengandung lumpur dan air buangan yang mengandung besi dalam jumlah yang tinggi berwarna coklat kemerahan. Warna air dapat dibedakan atas dua macam yaitu warna air sejati yang disebabkan oleh bahan – bahan terlarut dan warna semu yang disebabkan oleh adanya bahan – bahan terlarut karena adanya bahan – bahan tersuspensi yang bersifat koloid (Fardiaz, 1992 dalam Suseno, 2016)

c. Total zat padat terlarut (TDS)

Merupakan bahan – bahan terlarut (diameter < 10^{-6} mm) dan koloid (diameter 10^{6} mm – 10^{3} mm) yang berupa senyawa – senyawa kimia dan bahan – bahan lainnya, yang tidak tersaring pada kertas berdiameter 0,45 µm.

d. Kekeruhan

Merupakan sifat optis air yang akan membatasi pencahayaan yang masuk kedalam air. Kekeruhan dapat terjadi karena adanya zat – zat koloid yang melayang dan zat – zat yang terurai (tersuspensi) oleh binatang, zat – zat organik, lumpur, tanah (Hibatuallah, 2019)

e. Suhu

Merupakan faktor yang banyak mendapat perhatian dalam pengkajian kualitas air. Suhu dapat mempengaruhi aktivitas metabolisme organisme. Keadaan suhu air dan suhu alam disekitarnya yang diperbolehkan adalah sebesar ± 3 ºC. Apabila suhu alam disekitarnya 25 ºC, maka suhu air yang dianggap baik dan diperbolehkan adalah sekitar 22 ºC - 28 ºC, sehingga apabila temperatur air yang diukur di alam kurang dari 22 ºC atau lebih tinggi dari 28 ºC, maka telah terjadi pencemaran pada air tersebut sehingga sumber daya air tersebut tidak layak untuk digunakan dan harus mengalami proses pengelolaan atau perlakuan terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan (Suseno, 2016)

f. Rasa

Air biasanya tidak memiliki rasa atau tawar, air yang tidak tawar dapat menunjukkan adanya berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan. Rasa

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang terdapat di air tercemar bisa berupa rasa logam atau amis, rasa pahit, asin dan sebagainya. Rasa dalam air bisa disebabkan oleh chlor, chloride, dan phenol (0,002 mg/l) dan zat – zat organik lainnya (Suseno, 2016).

Pemilihan parameter diatas sangat penting dalam mengukur kualitas air. Tujuan dari pemilihan parameter tersebut agar memenuhi ketentuan air yang baik yaitu tidak berasa, berbau, dan berwarna. Selain parameter diatas terdapat parameter lain yang penting yaitu pH air. pH air merupakan parameter kimia organik, nilai pH air yang lebih dari 7 menunjukkan sifat korosif yang rendah sebab semakin rendah pH maka sifat korosifnya semakin tinggi. Nilai pH air lebih dari 7 memiliki kecenderungan untuk membentuk kerak dan kurang efektif dalam membunuh bakteri karena akan lebih efektif pada kondisi netral atau bersifat asam lemah. Untuk mengetahui pH air dalam air dapat diukur menggunakan alat pH meter (Aprilia, 2009). Parameter selanjutnya adalah tingkat kekeruhan. Air yang keruh atau memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi memiliki nilai *total suspended solid* (TSS) yang tingi. Kekeruhan yang ada dalam air dapat dilihat oleh mata langsung atau dengan menggunakan alat pengukuran kekeruhan yaitu turbidity meter (Fauzi, 2016).

Parameter selanjutnya adalah suhu, suhu yang melebihi batas normal menunjukkan indikasi terdapat bahan kimia yang terlarut dalam jumlah yang cukup besar atau sedang terjadi dekomposisi bahan organik oleh organisme yang dapat berbahaya bagi tubuh. Parameter selanjutnya adalah *total dissolved solid* (TDS), konsentrasi TDS tinggi dapat mempengauhi rasa pada air. Tingginya level TDS memperlihatkan hubungan negatif dengan beberapa parameter lingkungan air yang menyebabkan meningkatnya toksisitas pada organisme didalamnya (Timpano (2010) dalam Fauzi, (2016)).

2. Parameter kimia

a. Aluminium

Merupakan logam yang sangat berlimpah di alam, dapat ditemukan dalam tanah sekitar 8,3 % kerak bumi terdiri dari alumunium dan tiga setelahnya oksigen 45,5% dan silikon 25,7%. Elemen ini mempunya bentuk logam yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ringan dan mempunyai ketahanan korosif yang baik, hantaran listri ynag baik dan sifat – sifat baik lainnya. Alumunium sangat reaktif khususnya dengan oksigen, unsur alumunium tidak pernah dijumpai dalam keadaan bebas di alam, melaikan sebagai senyawa yang merupakan penyusun utama dari bahan tambang bijih bauksit yang berupa campuran oksidan dan hidroksida alumunium (Amrin, 2013).

b. Besi

Adalah komponen kerak bumi, yang persentasenya sekitar 5% di alam besi tidak ditemukan dalam bentuk murni akan tetapi dalam bentuk senyawa dengan senyawa dengan unsur lain seperti hematit (Fe_2O_3), magnetit (Fe_3O_4), dan pyrit (FeS_2). Besi (Fe) berada dalam tanah dan batuan sebagai ferioksida (Fe_2O_3). Air tanah mengandung besi terlarut berbentuk ferro (Fe^{2+}) jika di pompa keluar dan kontak dengan udara (oksigen) maka besi (Fe^{2+}) akan teroksidasi menjadi ferihidroksida ($Fe(OH)_3$) (Laila, 2014).

c. Kesadahan

Merupakan salah satu sifat kimia yang dimiliki oleh air, yang terjadi karena adanya ion – ion Ca^{2+}, Mg^{2+} atau dapat disebut adanya ion – ion lain dari *polovalent metal* (logam bervalensi banyak) seperti Al,Fe, Mn, Sr, Zn, dalam bentuk garam sulfat Klorida dan bikarbonat dalam kecil. Air yang memiliki sifat sadah ditemukan pada wilayah yang menggunakan sumber air tanah/sumur dipada pada lapisan tanah yang mengandung garam mineral, kapur, dan kalsium

d. Mangan

Merupakan metal berwarna kelabu-kemerahan, di alam mangan (Mn) umumnya ditemui dalam bentuk senyawa dengan berbagai macam velensi. Air yang mengandung mangan berlebih menimbulkan rasa, warna (coklat/ungu/hitam) dan kekeruhan. Toksisitas mangan relatif sudah tampak pada konsentrasi rendah. Kandungan mangan yang diizinkan dalam air yang digunakan untuk keperluan domestik yaitu dibawah 0,05 mg/l (Achmad (2004) dalam Laila, (2014)).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

e. Khlorida

Merupakan anion organik yang terdapat dalam sampel perairan yang jumlahnya lebih banyak dari pada anion – anion halogen yang lain. Kelebihan khlorida dalam air minum dapat menyebabkan kerusakan pada ginjal akan tetapi kekurangan ion khlorida dalam tubuh akan menyebabkan turunnya tekanan osmotik cairan ekstraselurel yang menyebabkan meningkatnya suhu tubuh (Khoirul, 2019)

f. pH

Merupakan intensitas keasaman atau alkalinitas dari suatu cairan encer, dan mewakili konsentrasi hidrogen ionnya. pH merupakan parameter penting dalam analisis kualitas air karena pengaruhnya terhadap proses – proses biologis dan kimia didalammya. Air yang dihunakan untuk air minum sebaiknya netral (7) karena nilai pH berhubungan dengan efektifnya klorinasi. pH pada prinsipnya dapat mengontrol keseimbangan proporsi kandungan antara karbon dioksida, karbonat dan biokarbonat (Hasrianti, 2016).

g. Seng

Adalah logam alami yang terdapat didalam air, namun kadar logam ini dapat saja bertambah jika ada kontaminan. Seng (Zn) dalam jumlah kecil merupakan unsur penting dalam metabolisme, sehingga kalau anak kekurangan seng pertumbuhannya akan terhambat. Seng (Zn) berperan dalam penyembuhan luka dapat menyusun struktur protein dan membran sel. Namun terlalu banyak seng dapat menyebabkan rasa pahit dan sepet pada air minum, dapat menyebabkan muntah diare serta menyebabkan gangguan produksi

h. Sulfat

Merupakan jenis ion padatan dengan rumus SO_4. Sulfat adalah salah satu anion utama yang muncul diair secara alami. Sulfat adalah salah satu ion penting dalam ketersediaan air karena efek pentingnya bagi manusia saat ketersediaanya dalam jumlah besar. Selfat memiliki batasan dalam air yaitu sekitar 250 mg/l untuk air yang di konsumsi manusia (Devi, 2018)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

i. Tembaga

Merupakan komponen dari enzim yang diperlukan untuk menghasilkan energi, anti oksidasi dan sintesa hormon adrenalin serta untuk membentuk jaringan ikat. Apabila kelebihan tembaga dalam tubuh akan mengakibatkan keracunan, mual, muntah dan menyebabkan kerusakan pada hati dan ginjal (khaira, 2014).

j. Amonia

Keberadaan amonia dalam air yang melebihi ambang batas dapat mengganggu ekosistem yang ada dalam air. Amonia sangat beracun bagi hampir semua mikroorganisme. Pada manusia amonia dapat menjadi racun apabila jumlah yang masuk kedalam tubuh melebihi jumlah yang dapat didetoksifikasi oleh tubuh. Pada manusia resiko terbesar adalah dari penghirupan uap amonia yang berakibat gangguan pada tubuh diantaranya, iritasi pada kulit mata dan saluran pernafasan, sedangkan menghirup amonia pada tingkat tinggi dapat bersifat fatal (Mia, 2015)

3. Parameter mikrobiologi

Parameter mikrobiologi yang dapat merusak kualitas air minum karena adanaya bakteri – bakteri pathogen dalam air. Bakteri tersebut memiliki manfaat bagi air limbah dan dapat berbahaya apabila ada pada air minm. Berikut merupakan parameter mikrobiologi

a. E – Coli

Merupakan bakteri yang ada di usus manusia atau hewan yang akan dikeluarkan melalui tinja. Mikroorganisme patogen yang terkandung dalam tinja dapat menularkan beragam penyakit bila masuk kedalam tubuh manusia. Dalam satu gram tinja dapat mengandung satu miliar partikel virus infektif yang mampu bertahan hidup selama beberapa minggu pada suhu dibawah 10 ºC. Bakteri *Escherichia coli* termasuk bakteri yang dapat menyebabkan keluhan diare. Penyakit ini merupakan salah satu dari banyak penyakit lain yang dapat disebabkan oleh buruknya kualitas air minum secara mikrobiologi (Wahyu, 2018).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Total bakteri coliform

Tinja manusia mengandung bakteri *coli* (Coliform) dan setiap hari manusia dapat mengeluarkan 100 – 400 miliar koliform/hari. Keberadaan bakteri *coli* dalam air buangan dapat membahayakan jika masuk kedalam sumber air minum karena akan menyebabkan diare (Hibatuallah, 2019)

2.2 Baku Mutu Air Tanah

Air tanah memiliki ukuran batas pencemar dan jumlah pencemar dalam air minum yang dapat dikonsumsi oleh manusia. Batasan – batasan air tanah yang dapat dikonsumsi oleh manusia telah dibahas dalam undang – undang tentang kualitas air minum. Berdasarkan peraturan menteri Republik Indonesia Nomer/492/Menkes/per/IV/2010 tentang baku mutu air persyaratan kualitas air minum. Berikut merupakan baku mutu air minum domestik yang dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang dapat diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	A. parameter mikrobiologi		
	E-Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	Total bakteri coliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	B. Kimia an-norganik		
	Arsen	mg/l	0,01
	Fluorida	mg/l	1,5
	Total Kromium	mg/l	0,05
	Kadmium	mg/l	0,003
	Nitrit, (sebagai NO_{2-})	mg/l	3
	Nitrat, (sebagai NO_{3-})	mg/l	50
	Sianida	mg/l	0,07
	Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	A. Parameter Fisik		

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

	Bau		Tidak berbau
	Warna	TCU	15
	Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	Kekeruhan	NTU	5
	Rasa		Tidak berasa
	Suhu	ºC	Suhu udara ±3
	B. Parameter Kimia		
	Aluminium	mg/l	0,2
	Besi	mg/l	0,3
	Kesadahan	mg/l	500
	Khorida	mg/l	250
	Mangan	mg/l	0,4
	Ph	mg/l	6,5-8,5
	Seng	mg/l	3
	Sulfat	mg/l	250
	Tembaga	mg/l	2
	Amonia	mg/l	1,5

Sumber : PERMENKES Nomor/492/Menkes/per/IV/2010

2.3 Limbah Industri

Industri adalah suatu kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi dan barang jadi yng lebih tinggi penggunaanya barang dengan nilai yang lebih tinggi penggunaannya termasuk rancangan bagunan dan perekayasaan industri. Dengan adanya industri terdapat dampak yang ditimbulkan salah satunya limbah yang dihasilkan industri. Limbah industri adalah limbah yang dihasilkan dari suatu proses industri. Jenis limbah tergolong memiliki kualitas yang kurang baik karena terdapat kandung kontamina dalam limbah tersebut. Kontaminan yang terkandung pada air limbah bermacam – macam sesuai dengan proses terkait yang menghasilkan air limbah tersebut. Menurut (Fernando, 2015) jenis air limbah yang dihasilkan dari industri tergantung dari beberapa hal sebagai berikut :

a. Proses bahan baku awal
b. Proses pada industri yang menggunakan air
c. Penggunaan air pada industri tersebut
d. Hasil reaksi dan kontak dengan air yang akan digunakan di Industri

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

e. Bahan adktif yang akan digunakan di Industri

f. Temperatur yang akan digunakan pada industri

2.3.1 Baku Mutu Air Limbah

Air limbah memiliki ukuran batas pencemar dan jumlah pencemar dalam air yang dapat dibuang ke lingkungan oleh manusia. Batasan – batasan air limbah yang dapat dibuang ke badan air oleh manusia telah dibahas dalam undang – undang tentang baku mutu air limbah. Berdasarkan peraturan menteri lingkungan hidup republik indonesia nomer 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah. Berikut merupakan baku mutu air minum domestik yang dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Satuan	Golongan	
		1	2
Temperature	ºC	38	40
Zat padat terlarut (TDS)	mg/L	2.000	4.000
Zat padat suspensi (TSS)	mg/L	200	400
pH		6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
Besi terlarut (Fe)	mg/L	5	10
Mangan terlarut (Mn)	mg/L	2	5
Barium (Ba)	mg/L	2	3
Tembaga (Cu)	mg/L	2	3
Seng (Zn)	mg/L	5	10
Krom heksavalen (Cr^{6+})	mg/L	0,1	0,5
Krom total (Cr)	mg/L	0,5	1
Cadmium (Cd)	mg/L	0,05	0,1
Air raksa (Hg)	mg/L	0,002	0,005
Timbal (Pb)	mg/L	0,1	1
Stanum (Sn)	mg/L	2	3

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Arsen (As)	mg/L	0,1	0,5
Salenium (Se)	mg/L	2	0,5
Nikel (Ni)	mg/L	0,1	0,5

Sumber : PERMENLHNomor/05/ /2014

2.3.2 Dampak Industri Terhadap Lingkungan

Usaha yang bergerak di bidang industri akan memiliki dampak baik kecil maupun besar terhadap lingkungan. Menurut (Ita, 2010) dampak industri terhadap lingkungan sering ditemui. Kerusakan yang semakin parah dapat membahayakan bagi lingkungan. Dampak dari industri yang sering dijumpai seperti :

a. Air pollution

CO2 yang dikeluarkan oleh otomotif dimetropolitan telah melebihi ambang batas kesehatan. Polusi yang disebabkan industri menyebabkan hujan asam yang dapat merusak hutan.

b. Water pollution

Banyak dari industri yang masih membuang limbah ke badan air seperti sungai, danau dan laut. Sehinnga dapat meracuni penghuni singai dan laut yang merajalela.

c. Land pollution

Buangan dari industri yang belum dikelolah dapat merusak tanah. Masalah utama dalam penanganan kerusakan akibat *Land pollution* Sebagai berikut :

1. Racun limbah industri umumnya berasal dari bahan kimia berbahaya dan sisa – sisa dari radioaktif
2. Produk limbah tersebut tidak dapat dimusnahkan
3. Proses daur ulang kaleng, kertas, plastik dan lain sebagainya masih belum dilakukan secara masal
4. Pabrik – pabrik di Amerika serikat dapat menghasilkan sekitar 40 – 60 ton limbah setiap tahunnya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.4 Logam Berat

Logam adalah unsur kimia yang siap membentuk ion (kation) yang termasuk salah satu dari ketiga kelompok unsur yang dibedakan oleh sifat ionisasi dan ikatan, bersama dengan metaloid dan non logam. Sedangkan logam berat adalah logam yang memiliki berat jenis *(specific gravity)* 5,0 atau lebih, dengan nomer atom antara 21 *(scandium)* dan 92 *(uranium)* dari sistem periodik bahan kimia (Sosrosumihardjo, 2010). Logam berat memiiki sifat yang berbahaya karena memiliki rapat massa tinggi dan sejumlah konsentrasi kecil yang memiliki sifat racun dan berbahaya. Logam berat mudah ditemui diperalatan rumah tangga seperti, baterai, rokok, peralatan elektronik, pipa air, bensin, udara, keramik, dan material lainnya. Konsentrasi logam berat pada barang – barang tersebut memiliki pengaruh kecil dan tidak berbahaya. Akan tetapi akan menjadi berbahaya bila terakumulasi dalam tubuh sehingga akan mengakibatkan keracunan dan akan menjadi fatal hingga akan menyebabkan kematian (Nur, 2013)

Pencemaran logam berat yang ada di Indonesia cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya proses industri. Pencemaran logam berat terhadap lingkungan dapat menimbukan bahaya terhadap kesehatan, baik terhadap manusia, hewan dan tumbuhan maupun lingkungan itu sendiri. Logam berat dibagi menjadi dua bagian diantaranya :

a. Logam berat esensial adalah salah satu logam yang yang dibutuhkan organisme dalam jumlah tertentu. Namun logam tersebut akan menimbulkan efek racun jika dalam jumlah yang berlebihan. Contohnya Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain sebgainya.
b. Logam berat tidak esensial adalah logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bisa bersifat racun. Contohnya Hg, Pb, Cd, Cr dan lain sebagainya.

Logam berat yang dapat mencemari lingkungan baik dalam udara, air dan tanah berasal dari proses alami dan kegiatan industri. Logam berat terjadi dari proses alami yang berasal dari bebatuan gunung berapi yang memberikan kontribusi terhadap lingkungan udara, air dan tanah. Kegiatan yang menyebabkan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pencemaran lingkungan berupa kegiatan industri, pertambangan, pembakaran, bahan akar serta kegiatan domestik lain yang mampu meningkatkan logam dilingkungan udara, air dan tanah (Irhamni, 2017).

Sifat toksik logam berat dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu, memiliki sifat toksik tinggi, sedang, dan rendah. Logam berat yang bersifat toksik tinggi terdiri dari unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn. Bersifat toksik sedang yaitu unsur Cr, Ni, Co, sedangkan bersifat toksik rendah terdiri dari unsur Fe dan Mn. Logam berat diperairan memiliki bahaya langsung terhadap kehidupan organisme, maupun memiliki efek secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Menurut (Rangkuti, 2009) Semua tergantung pada sifat – sifat logam berat diantaranya :

a. Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaanya secara alami terurai (dihilangkan)
b. Dapat terakumulasi dalam organisme
c. Memiliki waktu paruh yang tinggi dalam tubuh biota laut
d. Memiliki nilai faktor konsistesi *(concentration factor* atau *enrichment factor)* yang akan membesar jika berada pada biota laut.

2.4.1 Logam Berat Besi (Fe)

Logam besi (Fe) adalah logam essensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, akan tetapi dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan efek yang buruk yaitu keracunan. Tingginya kadar besi (Fe) dapat menyebabkan dampak terhadap kesehatan manusia diantaranya, keracunan (muntah), kerusakan pada usus, penuaan dini dan akan menyebabkan kematian mendadak, cacat lahir, radang pada sendi, gusi berdarah, kanker, sembelit, diabetes, diare, pusing, mudah lelah hipertensi dan insomnia (Endrawati, 2015).

Logam berat besi (Fe) merupakan logam berat yang sering dibutuhkan oleh makhluk hidup. Ketersediaan besi (Fe) dalam bumi sangat melimpah yaitu sekitar 5,63%. Keberadaan besi pada air laut memiliki konsentrasi sekitar 0,002 mg/l. Bijih utama besi adalah hematite, Fe_2O_3, pyrite, Fe_2S_2,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ilmenite, FeTiO3, magnetite, Fe_3O_4, siderite, Fe_2CO_3 dan limonite. Menurut Royal Society of Chemistry karakteristik logam berat besi (Fe) sebagai berikut:

Lambang	: Fe
No. Atom	: 26
Golongan periode	: 8,4
Penambilan	: Padat
Massa atom	: 55,845 g/mol
Konfigurasi elektron	: [Ar] $3d^6$ $4s^2$
Kepadatan (g cm^{-3})	: 7,87
Nomer CAS	: 7439-89-6
ID ChemSpider	: 22368
Titik lebur	: 1538 ºC, 2800 ºF, 1811 K
Titik didih	: 2861 ºC, 5182 ºF, 3134 K

Logam berat besi (Fe) dan berbagai jenis besi pertama kali dijelaskan oleh Rene Antoine Ferchault de Reaumur, yang menulis buku tentang besi (Fe) pada tahun 1722. Buku yang ditulis menjelaskan bagaimana baja, besi tempa, dan besi cor, harus dibedakan dengan jumlah arang (karbon) yang terkandung. Pada revolusi industri dan pada abad yang sama logam besi (Fe) sangat dibutuhkan (Chemistry, 2020). Besi memiliki sifat fisik yang keras, mengkilap, mudah larut tapi juga mudah teroksidasi. Sifat kimia besi adalah mudah bereaksi dengan anion karbonat, hidroksida, klorida, sianida, sulfat, fosfat, oksigen dan belerang. Besi juga mudah membentuk senyawa kompleks, baik dengan ligan sederhana seperti sianida, karbonmonooksida, air dan ligan organik sederhana seperti C_5H_5. Dengan ligan yang lebih besar besi juga mudah membentuk senyawa kompleks. Contoh ligannya seperti, etilen diamin tetra asetat (EDTA), orthopenanthrolin, dan protein- protein yang ada dalam tubuh makhluk hidup (Suhartana, 2007). Logam besi (Fe) mudah terlarut pada pH < 5. Sedangkan pada pH 6,5 – 7 merupakan pH ideal.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Unsur hara akan relative banyak dijumpai pada pH tersebut. Pada pH rendah besi (Fe) akan berubah menjadi sifat racun. Kadar besi (Fe) > 1 mg/L dianggap dapat membahayakan kehidupan organisme akuatik (Endrawati, 2015).

2.4.2 Kadar Besi (Fe) Dalam Air

Besi (Fe) merupakan salah satu parameter kimiawi yang ada pada air tanah yang memiliki nilai esensial bagi manusia dan memiliki efek toksik pada jumlah yang berlebih. Kandungan besi (Fe) tinggi dalam air menyebabkan timbulnya warna pada air berubah menjadi kuning – coklat setelah beberapa lama kontak dengan udara. Kandungan besi (Fe) tinggi selain dapat mengganggu kesehatan, juga menimbulkan bau yang kurang enak dan menyebabkan warna kuning pada dinding bak serta bercak-bercak kuning pada pakaian (Khimayah, 2015). Besi (Fe) pada perairan bersifat redoks, pembentukan kompleks dan metabolisme oleh mikroorganisme. Pada umumnya, besi (Fe) yang ada didalam air bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} *(ferro)* atau Fe^{3+} *(ferri)*. Tersuspensi sebagai butiran koloid (diameter < 1 µm) atau lebih besar, seperti Fe_2O_3, FeO, $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, dan sebagainya tergabung dengan zat organik atau zat padat yang inorganis (seperti tanah liat). Pada air permukaan besi (Fe) jarang ditemukan, biasanya pada air permukaan ditemukan 1 mg/l. Tetapi didalam air tanah kandungan besi (Fe) lebih tinggi dari air permukaan (Sutrisno, 2010).

Besi dengan bilangan oksidasi rendah, yaitu Fe^{2+} umum ditemukan dalam air tanah dibandingkan Fe^{3+} karena air tanah tidak berhubungan dengan oksigen dari atmosfer, konsumsi oksigen bahan organik dalam media mikroorganisme sehingga menghasilkan keadaan reduksi dalam air tanah. Air tanah yang mengandung Fe^{2+} mempunyai sifat unik. Jika air tanah dipompakan keluar dan kontak dengan udara (oksigen) maka besi Fe^{2+} akan teroksidasi menjadi Fe^{3+} *(ferri)* tersuspensi yang mudah mengendap didalam air. Mekanisme terjadinya perubahan bentuk besi tersebut dapat melalui reaksi kimia seperti,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$4\ Fe^{2+} + O_2 + 10H_20 \longrightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 8\ H^+$$

Dengan adanya reaksi tersebut menyebabkan air menjadi keruh. Pada pembentukan Fe^{3+} *(ferri)* oksidasi terhidrat yang tidak larut menyebabkan air berubah menjadi abu-abu (Arba, 2017). Bakteri besi *(Crenothrix* dan *Gallionella)* memanfaatkan besi ferro (Fe^{2+}) sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya dan mengendapkan ferrihidroksida (Febrina, 2014). Bakteri menyerap zat besi pada air untuk memenuhi kebutuhan nutrisi. Bakteri memanfaatkan zat besi seperti protein, dan chelator besi dengan berat molekul rendah disebut siderophores. Zat besi tersebut akan diangkut kedalam sel bakteri gram negatif melalui membran luar dan membran dalam (Karla, 2008). Apabila air yang mengandung besi dibiarkan tekena udara atau oksigen maka akan teroksidasi dan akan mengendap atau gumpalan koloid. Pertumbuhan bakteri besi *(Crenothrix* dan *Gallionella)* yang cepat (karena adanya besi ferro) menyebabkan terjadinya korosif seperti menyebabkan penyumbatan pada perpipaan dan dapat menimbulkan warna dan bau yang tidak enak (Said., 2005). Pada penelitian yang dilakukan (Ji-Dong, 2018) terdapat penyumbatan pada saluran transmisi gas karena korosif yang dapat menyebabkan penurunan ekonomi. Penyebab terjadinya korosif disebabkan oleh masalah yang ditimbulkan oleh mikroorganisme.

Besi terlarut dalam air dapat berbentuk kation *ferro* ($Fe2^+$) atau kation *ferri* (Fe^{3+}). Hal ini tergantung kondisi pH dan oksigen terlarut dalam air. Besi terlarut dapat berbentuk senyawa tersuspensi, sebagai butiran koloid seperti Fe $(OH)_3$, FeO, Fe_2O_3 dan lain – lainnya. Fe^{3+} *(ferri)* akan sulit larut pada pH 6-8 (kalarutan hanya bisa pada konsentrasi µm/l), bahkan akan menjadi ferihidroksida $Fe(OH)_3$ salah satu jenis oksida yang berupa zat padat dan bisa mengendap. Nilai pH juga mempengaruhi konsentrasi logam berat diperairan, dalam hal ini kelarutan logam berat akan lebih tinggi pada pH yang lebih rendah, sehingga menyebabkan toksisitas logam berta semakin tinggi (Firmansyaf, 2013). Apabila konsentrasi besi terlarut dalam air melebihi batas akan menyebabkan berbagai masalah yaitu gangguan teknis berupa endapan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

korosif, gangguan fisik berupa timbul warna, bau dan rasa yang tidak enak, serta gangguan kesehatan. Menurut (Sutrisno, 2010) penyebab utama tingginnya besi (Fe) didalam air diantaranya :

a. Rendahnya pH air

   Rendahnya pH air ≤ 7 dapat melarutkan logam berat besi (Fe). Akan tetapi pada pH normal ≥ 7 tidak menyebabkan masalah.

b. Temperatur air

   Tingginya kenaikan temperatur akan menyebabkan drajat korosif naik.

c. Gas – gas terlarut dalam air

   Adanya gas – gas terlarut seperti O_2, CO_2 dan H_2S yang dapat menyebabkan korosif

d. Bakteri

   Secara biologis tingginya kadar besi dipengaruhi oleh bakteri besi yang dalam hidupnya membutuhkan makanan dengan cara mengoksidasi besi hingga larut.

2.4.3 Sumber Dan Bahaya Logam Berat (Fe)

Pencemaran yang terjadi dalam suatu perairan khususnya pencemaran oleh logam – logam berat dapat menimbulkan banyak bahaya baik bersifat sementara maupun bersifat berkepanjangan. Tingginya konsentrasi besi (Fe) diperairan dapat disebabkan oleh aktifitas manusia seperti buangan limbah rumah tangga yang mengandung besi (Fe) dan korosif dari pipa – pipa air yang yang mangandung logam besi, limbah industri, serta kegiatan lainnya seperti pertanian, perikanan dan pariwisata. Selain itu penyebab tingginya kadar besi (Fe) disebabkan karena adanya pengikisan batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin serta pengkaratan kapal – kapal laut dan tiang pancang pelabuhan yang mudah berkarat (Ika., 2012). Logam berat dapat masuk keperairan, baik di sungai maupun lautan dengan melalui tiga proses yaitu dengan cara pengendapan, adsorpsi dan absorpsi oleh organisme – organisme perairan (Fiskanita, 2015).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Logam besi (Fe) merupakan logam yang sering dibutuhkan oleh makhluk hidup. Besi dibutuhkan oleh tubuh manusia dalam pembentukan hemoglobin di dalam darah. Hemoglobin membawa oksigen dari paru-paru kita ke sel, di mana dibutuhkan untuk respirasi jaringan (Chemistry, 2020). Perkiraan minimum kebutuhan harian besi tergantung pada usia, jenis, kelamin, status fisik, serta metabolisme besi dan kebutuhan berkisar 10 – 15 mg/hari (Afandi, 2017). Mineral yang sering berada dalam air dengan jumlah besar yaitu kandungan besi (Fe), apabila besi tersebut berada dalam jumlah yang banyak akan muncul berbagai gangguan lingkungan. Kelebihan besi (Fe) dalam jumlah besar pada manusia bersifat toksik. Dengan demikian konsentrasi besi dalam air baku harus dikontrol agar keberadaannya di dalam air baku dapat seimbang dan tidak berdampak terhadap kesehatan masyarakat ataupun berdampak negatif terhadap lingkungan (Arba, 2017). Tingginya kandungan logam besi (Fe) akan berdampak terhadap kesehatan manusia diantaranya dapat menyebabkan keracunan (muntah), kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak, radang sendi, cacat lahir, gusi berdarah, kanker, sirosis ginjal, sembelit, diabetes, diare, pusing, mudah lelah, hipatitis, dan insomnia (Endrawati, 2015). Kekurangan zat besi akan menyebabkan anemia berkembang. Makanan seperti hati, ginjal, sirup gula, ragi, kakao, dan akar manis mengandung banyak zat besi (Chemistry, 2020).

Logam berat yang masuk kedalam lingkungan perairan mengalami pengendapan, pengenceran, dispersi kemudian diserap oleh organisme yang hidup diperairan tersebut (Fiskanita, 2015). Logam berat yang masuk kedalam tubuh hewan umumnya tidak dikeluarkan lagi oleh tubuh mereka. Karena logam berat cenderung menumpuk dalam tubuh hewan. Sebagai akibatnya logam berat tersebut akan terus ada disepanjang rantai makanan. Hal ini disebabkan karena predator pada suatu trofik level makanan mangsa mereka dari trofik level yang lebih rendah yang telah tercemar. Sehingga mengakibatkan hewan – hewan yang ada diperairan terkontaminasi oleh logam berat yang masuk kedalam perairan (Yudo, 2006).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan Peraturan Mentri Kesehatan Ri No 429/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air, kadar besi (Fe) yang di izinkan untuk air bersih adalah 0,3 mg/l. Menurut (Ibrahim, 2016) apabila konsentrasi besi dalam air tinggi akan menimbulkan dampak seperti :

1. Menimbulkan penyumbatan pada pipa
2. Meninggalkan noda pada pakaian yang dicuci oleh air yang mengandung besi
3. Meninggalkan noda pada bak – bak kamar mandi dan peralatan lainnya
4. Keberadaan besi dapat memberikan penampakan keruh dan berwarna pada air
5. Konsentrasi yang lebih besar akan memberikan rasa terhadap air yang menggambarkan rasa metalik, astrigent atau obat

2.5 Pengolahan Limbah Cair

Air limbah dari setiap industri memiliki kandungan yang berbahaya. Air limbah sebelum dilepas ke pembuangan akhir harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Untuk melakukan pengolahan air limbah yang efektif diperlukan perencanaan pengolahan yang baik. Tujuan dari pengolahan air limbah sendiri diantaranya :

1. Mencegah pencemaran pada sumber air rumah tangga
2. Untuk melindungi tanaman dan hewan yang ada didalam air
3. Untuk menghindari pencemaran tanah dipermukaan
4. Menghilangkan tempat perkembang biakannya bibit dan penyakit

Menurut (Kencanawati, 2016) Pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

a. Secara alami

Pengolahan air limbah secara alamiah dapat dilakukan dengan membuat kolam stabilisasi. Pembuatan kolam stabilisasi bertujuan untuk menetralkan zat – zat yang ada didalam air limbah sebelum dialirkan ke sungai. Kolam stabilisasi pada umumnya yang sering digunakan seperti kolam anaerobik, kolam fakultatif (pengolahan air limbah yang tercemar bahan organik pekat), dan kolam maturasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(pemusnahan mikroorganisme patogen). Karena kolam stabilisasi dan kolam maturasi memiliki pertimbangan dari biaya lebih murah. Pengolahan ini lebih direkomendasikan untuk daerah tropis dan sedang berkembang.

b. Secara buatan

Pengolahan air limbah dengan buantan alat dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pengolahan ini dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu primary treatment (pengolahan pertama), secondary treatment (pengolahan kedua), dan tertiary treatment (pengolahan lanjutan).

Menurut (Kencanawati, 2016) Pengolahan air limbah dapat digolongkan menjadi tiga yaitu pengolahan secara fisika, kimia, biologi. Ketiga proses tersebut tidak selalu berjalan sendiri – sendiri terkadang harus dilaksanakan secara kombinasi antara satu dengan yang lainnya.

1. Pengolahan secara fisika

Pengolah secara fisika biasanya digunakan untuk air limbah yang tidak larut (bersifat tersuspensi) atau limbah yang masih mengandung padatan. Bahan tersuspensi yang mengendap dapat diolah dengan proses pengendapan. Parameter desain utama untuk proses pengendapan ini menggunakan kecepatan pengendapan partikel dan waktu detensi hidrolis dalam bak pengendap. Pemisahan cairan dan padatan pada pengolahan ini bisa menggunakan pengolahn seperti, penapisan, presipitasi, filtrasi (secara cepat dan lambat) flotasi, mikro filter, ultra filter, reverse osmosis, klarifier, tipe resirkulasi berlumpur dan lain sebagainya.

2. Pengolahan secara kimia

Pengolahan secara kimia adalah proses pengolahan yang menggunakan bahan kimia untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar dalam air limbah. Proses ini menggunakan reaksi kimia untuk mengubah air limbah yang berbahaya menjadi kurang berbahaya. Proses yang termasuk dalam pengolahan secara kimia adalah netralisasi, presipitasi, khlorinasi, koagulasi dan flokulasi, karbon aktif, adsorbsi, oksidasi dan/atau reduksi, aerasi, ozonisasi, elektrolisis, oksidasi kimia/reduksi, ultra violet.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. Pengolahan secara biologi

Pengolahan secara biologi adalah pengolahan air limbah dengan menggunakan mikroorganisme seperti ganggang, bakteri, protozoa, untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa yang sederhana. Selain menggunakan mikroorganisme pengolahan biologi bisa menggunakan tanaman yaitu dengan cara fitoremediasi. Pengolahan secara fitoremediasi menggunakan tanaman untuk pemulihan atau pembersihan permukaan tanah dan air yang tercemar.

Pengolahan biologi dengan mikroorganisme mempunyai tahapan seperti pengolahan secara aerob, anaerob dan fakultatif. Pengolahan secara aerab meliputi axidation ditch, step aerator, extended aeration dan lain sebagainya, sedangkan untuk pengolahan secara anaerob meliputi anaerobic digestion, biofilter anaerob, dan expanded bed dan lain sebagainya. Pengolahan secara biologis dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Pengolahan ini telah dikembangkan berbagai metode pengolahan biologis dengan segala modifikasinya. Pada penelitian ini pengolahan biologi yang digunakan yaitu secara fitoremediasi. Pengolahan secara fitoremediasi dengan cara memanfaatkan tanaman hiperkumulator untuk mengurungai pencemaran yang ada di air. Pada penelitian ini menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)*.

2.6 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah kegiatan pemulihan atau pembersihan permukaan tanah yang tercemar. Fitoremediasi berasal dari bahasa Inggris *phytoremediation*, kata ini tersusun atas dua bagian, yaitu *Phyto* berasal bahasa Yunani yaitu *greek phyton* yang berarti tumbuhan atau tanaman *(plant), remediation* berasal dari bahasa latin remediare *(to remedy)* yaitu memperbaiki atau menyembuhkan atau membersihkan menggunakan tumbuhan tertentu, dimana tumbuhan tersebut bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah dan air) untuk mengubah, menghilangkan, menstabilkan, atau menghancurkan zat kontaminan (pencemar atau polutan)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menjadi berkurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi (Hibatuallah, 2019).

Menurut (Nur, 2013) fitoremediasi adalah pemanfaatan tanaman serta bagian – bagiannya untuk dekontaminasi air maupun tanah tercemar beserta masalah – masalah pencemar yang ada dilingkungan, baik secara *ex-situ* seperti menggunakan kolam buatan, reaktor maupun secara *in-situ* (secara langsung dilapangan) pada daerah yang terkontaminasi limbah tercemar. Fitoremediasi memiliki tujuan agar lahan yang tercemar dapat digunakan kembali untuk berbagai kegiatan secara aman. Proses fitoremediasi menggunakan media tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik (Puspita, 2015). Fitoremediasi memiliki banyak keuntungan dan kerugian bagi manusia. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Yuliani, 2019) fitoremediasi memiliki keutungan dan kerugian sebagai berikut :

a. Ramah lingkungan, murah dan tidak memerlukan peralatan yang spesifik
b. Logam berat yang diserap oleh tanaman diekstrak dari hasil panen biomassa tumbuhan lalu di *recycle*
c. Mampu mengurangi polutan yang masuk ke lingkungan dengan mencegah kebocoran ke dalam air tanah
d. Tidak memperlukan lahan untuk pembuangan
e. Kemampuan degradasi kontaminan dengan rentang waktu yang luas
f. Tidak ada efek buruk jangka panjang

Kerugian penggunaan sistem fitoremediasi, yaitu:

a. Hanya bisa diterapkan pada kondisi lingkungan alam yang sesuai dengan morfologi tanaman
b. Jangkauan akar tanaman terbatas
c. Kadar kontaminan yang akan direduksi terbatas sesuai dengan kemampuan tumbuhan yang digunakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.6.1 Aklimatisasi Tanaman Uji

Aklimatisasi pada tanaman dilakukan sebagai upaya untuk penyesuaian diri gulma pada lingkungan barunya sebelum dilakukan uji fitoremediasi. Aklimatisasi dapat dilakukan dengan beberapa cara, berdasarkan (Muhajir, 2013) aklimatisasi tanaman dilakukan dengan cara yaitu melakukan pemilihan tanaman yang akan digunakan, kemudian mencuci tanaman dengan air bersih untuk mengilangkan kotoran yang ada dalam akar tanaman hingga bersih, melakukan aklimatisasi tanaman dengan cara menanan tanaman diember yang berisi tanah, pasir selama ± satu minggu (untuk fitoremediasi dengan tanah). Berdasarkan (Amalia, 2016) proses aklimatisasi bisa menggunakan aquades karena aquades bersifat netral sehinnga tanaman yang diaklimatisasi tidak terkontaminasi dengan logam – logam atau senyawa lainnya. Berdasarkan penelitian terdahulu aklimatisasi tanaman kiambang (*Salvinia molesta M)* dan kayu apu (*Pistia stratiotes L)* dilakukan selama 10 hari. Air yang digunakan dalam tahap aklimatisasi yaitu menggunakan air bersih (Sata, 2018).

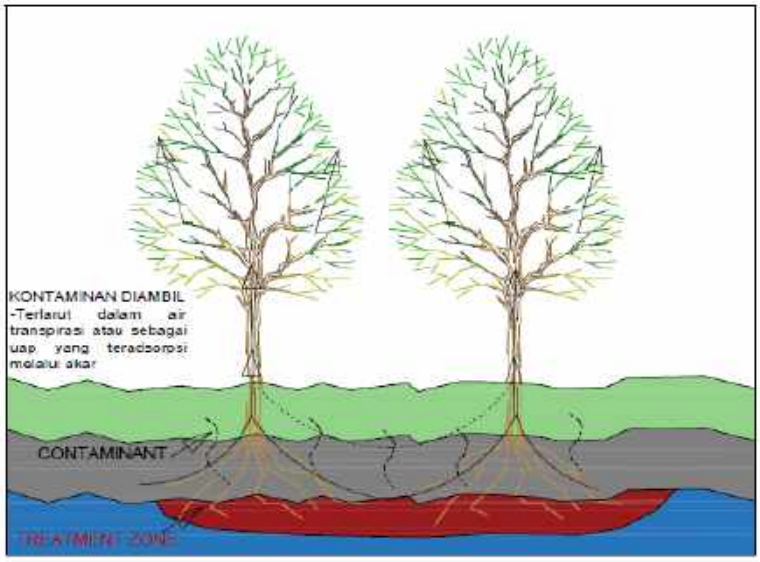
2.6.2 Mekanisme Proses Fitoremediasi

Fitoremediasi memiliki beberapa proses seperti fitoektraksi, rhizofiltrasi, fitodegredasi, fitostabilisasi dan fitovolatilisasi. Menurut (Yuliani, 2019) definisi dari masing – masing proses fitoremediasi yaitu :

a. Fitoekstraksi

Fitoekstraksi adalah penyerapan logam berat oleh akar tanaman yang mengumpulkan logam – logam berat yang telah diserap kebagian tumbuhan oleh akar, batang dan daun. Metode fitoekstraksi pada tumbuhan hiperakumulator diperlukan untuk lebih meningkatkan kapasitas penyerapan pada limbah yang ada dilingkungan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

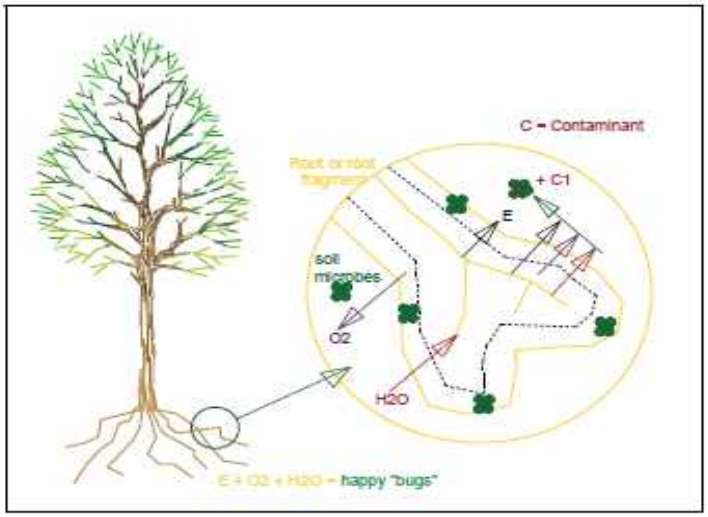


Gambar 2. 1 Proses Fitoekstraksi

Sumber : Digambar ulang dari ITRC, 2009

b. Rhizofiltrasi

Rhizofiltrasi adalah proses pengendapan kontaminan oleh akar agar kontaminan menempel pada akar yang akan menyerap, mengendapkan, dan mengumpulkan logam berat dari limbah. Metode rhizofiltrasi digunakan untuk limbah cair.



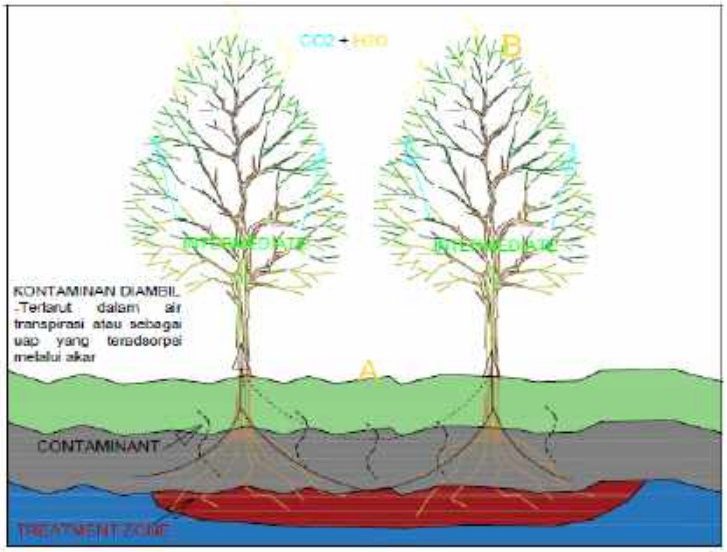
Gambar 2. 2 Proses Rhizofiltrasi

Sumber : Digambar ulang dari ITRC, 2009

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

c. Fitodegradasi

Fitodegradasi adalah penguraian metabolisme zat – zat kontaminan logam berat pada limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroba dan enzim seperti *dehalogenase* dan oksigenasi yang terletak disekitar akar tumbuhan yang akan digunakan fitoremediasi. Contoh mikroba biasanya fungi (jamur), ragi dan bakteri.



Gambar 2. 3 Proses Fitodegradasi

Sumber : Digambar ulang dari ITRC, 2009

d. Fitostabilisasi

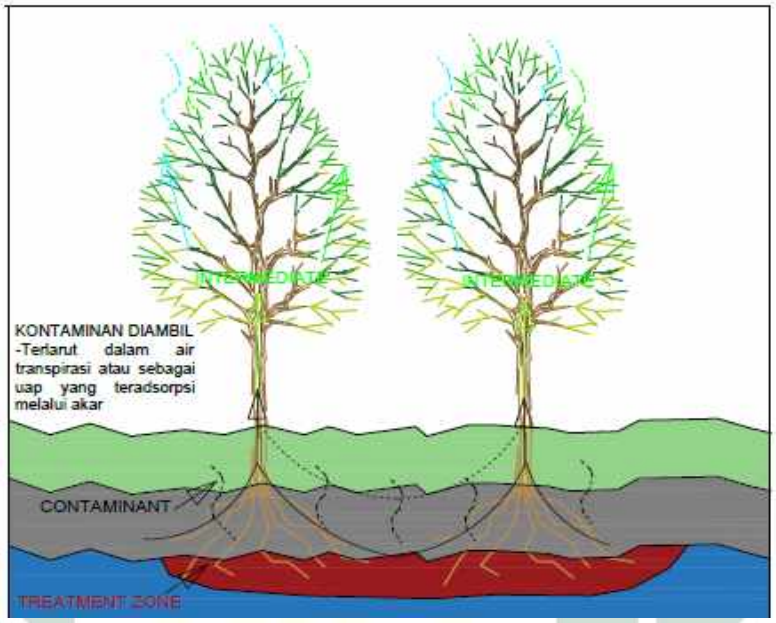
Fitostabilisasi adalah salah satu yang dimiliki oleh tanaman untuk mengeluarkan (eksresi) suatu zat senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi logam berat pada akar atau penempelan zat terkontaminasi logam berat yang tidak diserap oleh akar ke batang tumbuhan. Zat – zat terkontaminasi tersebut akan menempel erat pada akar dan tidak akan terbawa oleh aliran air.

e. Fitovolatilisasi

Fitovolatilisasi adalah penyerapan zat kontaminan logam berat oleh tanaman yang kemudian melepaskan (transpirasi) ke udara melalui daun dan mengalami degradasi terlebih dahulu sebelum dilepaskan keudara.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sehingga tidak terjadi kontaminan diudara. Beberapa tumbuhan fitoremediasi mampu menguapkan air dari batang sekitar 200 – 1000 liter perharinya.



Gambar 2.4 Proses Fitovolatilisasi

Sumber : Digambar ulang dari ITRC,2011

f. Fitotransformasi

Fitotransformasi adalah penyerapan zat kontaminan logam berat oleh tanaman yang bertujuan untuk mengurangi zat kontaminan yang memiliki rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana dan berguna untuk tumbuhan tersebut. Proses fitotrasformasi dapat terjadi pada akar, batang, dan daun serta dapat terjadi pada sekitar akar dengan adanya bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tanaman untuk mempercepat proses degradasi.

Pemilihan tanaman pada proses fitoremediasi disesuaikan berdasarkan lokasi dan kemampuan tumbuhan terhadap penurunan kontaminasi logam berat pada badan air. Proses fitoremediasi pada penelitian ini menggunakan prinsip rizhofiltrasi. pemilihan prinsip rizhofiltrasi karena penyerapan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kontaminan lebih dominan pada akar tumbuhan dari pada batang dan daun tumbuhan.

2.7 Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)*

Kiambang merupakan tanaman yang berasal dari kata *ki* yang berarti pohon, dan ambang memiliki arti mengapung. Jadi tanaman kiambang merupakan nama umum bagi tumbuhan paku air yang tergolong dalam genus *Salvinia.* Tumbuhan kiambang banyak ditemukan di air dengan cara mengapung, seperti sawah, kolam, danau dan aliran sungai yang tenang. Tanaman kiambang merupakan gulma air yang dapat berkembang biak dengan baik dan cepat, sifat adaptasi tumbuhan ini sangat tinggi pada kondisi lingkungan yang tercemar sekalipun. Tanaman kiambang bisa digunakan pada air buangan dari industri, pertanian, domestik dan lain sebagainya (Hibatuallah, 2019).

Berdasarkan Plant National Database (2003) klasifikasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* sebagai berikut :

Kingdom	: *Plantae*
Subkingdom	: *Viridiplantae*
Infrakingdom	: *Streptophyta*
Superdivision	: *Embryoptyta*
Devision	: *Tracheophyta*
Subdivision	: *Polypodiophytina*
Class	: *Polypodiopsida*
Subclass	: *Polypodidae*
Ordo	: *Salviniles*
Family	: *Salviniaceae*
Genus	: *Salvinia*
Species	: *Salvinia molesta Mitchell*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 2. 5 Tanaman kiambang *(Salvinia Molesta M)*
Sumber : (Nurafifah, 2016)

Tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* merupakan gulma air dari famili *Salviniaceae* yang ditemukan pertama kali di negara Amerika Serikat. Tanaman ini banyak ditemukan didaerah sungai, danau, waduk dan sawah. Tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* banyak ditemukan didaerah tropis dan subtropis yang ada di dunia. Tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* merupakan tanaman mungil yang memiliki batang tumbuh mendatar, memiliki bulu pada daunnya. Panjang tanaman kiambang dapat mencapai 30 cm. Tanaman ini memiliki dua berbentuk daun yang bisa mengapung dan tenggelam. Daun yang mengapung memiliki bentuk oval dan panjang tidak melebihi 3 cm. Sedangkan daun yang tenggelam dalam air berbentuk seperti akar memiliki daun berbulu halus dan tidak berklorofil yang berfungsi untuk menangkap unsur hara dari air (Nurafifah, 2016). Pertumbuhan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* bergantung dengan keadaan iklim, tanaman akan tumbuh pada daerah subtropis. Tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dapat tumbuh optimal pada suhu air antara 20 – 30 ºC. (McFarland, 2004) mengatakan bahwa tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* merupakan tanaman air tawar yang dapat ditemukan diseluruh daerah yang beriklim tropis maupun subtropis. Di Brazil tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* mampu tumbuh pada suhu maksimal 30ºC pada pH 5-8 dan salinitas 3-34 ppt. Pada bagian tunas tanaman tersebut tidak dapat bertahan hidup pada suhu 3ºC atau diatas 43ºC. Pada perairan yang kaya akan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

nutrisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dapat tumbuh mencapai kepadatan 30.000 tanaman per m^2 (ISSG, 2015).

Tanaman kiambang merupakan tanaman remediator yang sangat baik meremediasi limbah organik maupun anorganik karena tanaman kiambang memiliki sifat hiperkumulator yang tinggi. Tanaman ini memiliki kecepatan tumbuh yang sangat cepat, dari sifat pertumbuhannya yang cepat maka jumlah tanaman kiambang sangat melimpah dilingkungan. Selain itu tanaman ini memiliki diameter daun yang relatif kecil tetapi memiliki perakaran yang lebat dan panjang, sehingga diharapkan dapat menyerap logam berat namun tidak menghalangi penetrasi cahaya kedalam perairan (Yuliani, 2013). Tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* tidak memiliki bunga untuk perkembangannya. Tanaman tersebut melakukan perkembangan melalui cara vegetatif yang dimana cara vegetatif melalui batang yang rapuh yang kemudian akan terpecah – pecah. Setiap *node/sporocarps* disepanjang batang akan menghasilkan individu baru (Hibatuallah, 2019).

Tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* memiliki banyak manfaat bagi lingkungan. Dalam penelitian yang dilakukan (Bunga, 2013) menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta)* dalam menurunkan limbah cair mengandung timbal (Pb) dan nikel (Ni) selama 12 hari. Konsentrasi penurunan timbal (Pb) mencapai 0,182 mg/l dan 0,304 mg/l dan nikel (Ni) mengalami penurunan mencapai 0 mg/l dan 0,252 mg/l. penelitian serupa dengan yang dilakukan (Ika, 2015) tanaman kiambang mampu menurunkan konsentrasi logam berat tembaga (Cu) pada air limbah cair. Pada penelitian yang dilakukan konsentrasi tembaga (Cu) menurun dalam waktu selama 33 hari dengan efesiensi tertinggi sebanyak 97,87%. Pemilihan tanaman kiambang *(Salvinia molesta)* sebagai tanaman fitoremediator pada penelitian ini didasarkan pada pertimbangan bahwa tanaman ini mampu tumbuh pada kadar nutrisi yang rendah (Pribadi, 2016). Selain itu tanaman ini tidak memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan pemanfaatan tanaman kiambang masih jarang, kecuali tanaman ini digunakan sebagai pupuk dan biasanya digunakan sebagai dekorasi dalam ruangan dan sebagai tanaman hias dalam kolam maupun akuarium (Rahmawati, (2016) dalam Hibatuallah, (2019)).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Removal menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta)* mampu menurunkan limbah organik amoniak, BOD dan COD, pada air limbah domestik selama 12 hari. Reremoval yang dilakukan dengan efisiensi amoniak sebesar 100%, BOD sebesar 50,61 % dan COD sebesar 58,00%. Penurunan terbesar pada amoniak disebabkan karena terjadi fase eksponensial pada bakteri nitrifikasi, dimana laju pertumbuhan bakteri yakni maksimal dan konstan (Hibatuallah, 2019). Penelitian serupa juga dilakukan oleh (Pribadi, 2016) dimana hasil penelitian di peroleh penyisihan COD, nitrit, dan nitrat didapatkan nilai efisiensi sebesar 79%, 97%, dan 34% yang dilakukan selama 12 hari.

2.8 Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)*

Tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* merupakan gulma air yang mudah ditemukan dan menggenang dipermukaan air seperti sawah, sungai. Tanaman kayu apu biasanya dijadikan pengisi hiasan akuarium sebagai interior. Tanaman kayu apu adalah salah satu tumbuhan fitoremediator yang dimana tanaman ini memiliki kemampuan mengurangi limbah, baik limbah logam berat maupun zat organik dan anorganik dengan baik. Kayu apu memiliki manfaat untuk mengurangi konsentrasi limbah cair dengan cara fitoremediasi (Tangahu, 2017).

Berdasarkan Plant National Database (2000) klasifikasi tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* sebagai berikut :

Kingdom	: *Plantae*
Subkingdom	: *Viridiplantae*
Infrakingdom	: *Streptophyta*
Superdivision	: *Embryoptyta*
Devision	: *Tracheophyta*
Subdivision	: *Spermatophytina*
Class	: *Magnoliopsida*
Superordo	: *Lilianae*
Ordo	: *Alismatales*
Family	: *Araceae*
Genus	: *Pistia L.*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Species : *Piatia stratiotes L.*

Gambar 2.6 Tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)*

Sumber : (Nugroho, 2019)

Tanaman kayu apu merupakan jenis gulma air yang sangat cepat tumbuh serta memiliki daya adaptasi terhadap lingkungan baru yang sangat besar. Pada umumnya tumbuhan akan menyerap unsur – unsur hara yang larut dalam air maupun dalam tanah melalui akar tanaman. Tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* memiliki tinggi sekitar 5 – 10 cm dengan cara mengambang dipermukaan air. Selain itu kayu apu *(Pistia stratiotes L)* tidak memiliki batang, berdaun tunggal, memiliki bentuk sedikit melengkung menyerupai mawar, ujung membulat, memiliki pangkal runcing, panjang daun sekitar 2-10 cm. (Raissa, 2017). Lebar daun tanaman kayu apu antara 5-14 cm dengan jarak nodus 0,1 – 0,5 cm. Daunnya berwarna hijau kebiruan dan dapat berubah kekuningan ketika sudah menua dengan ujung memulat dan pangkal yang meruncing. Pada tepi daun berlekuk – lekuk serta memiliki rambut tebal yang lembut pada permukaan daun. Tanaman kayu apu dapat bertahan hidup pada suhu 15 ºC – 35ºC akan tetapi suhu optimum pertumbuhan kayu apu antara 22 ºC - 30ºC (Nurfitriani, 2019).

Telah banyak tanaman air yang digunakan sebagai pengolahan limbah dalam skala laboratorium maupun industri. Tanaman kayu apu merupakan jenis gulma air yang sangat cepat tumbuh serta memiliki daya adaptasi terhadap lingkungan baru yang sangat besar. Pada umumnya tumbuhan akan menyerap unsur – unsur hara

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang larut dalam air maupun dalam tanah melalui akar tanaman. Akar tanaman kayu apu *(Piatia stratiotes L)* berbentuk serabut dan membentuk struktur membentuk seperti keranjang dan dikelilingi gelembung udara, sehingga meningkatkan daya apung tumbuhan (Said, 2019). Penyerapan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dari unsur yang melimpah sampai dengan unsur yang sangat kecil yang dapat diakumulasi oleh tanaman. Oleh karena itu kayu apu dapat dimanfaatkan untuk penjernihan air (Hendriyanto, 2015).

Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) merupakan tanaman hiperkumulator yang dapat tumbuh dengan kadar nutrisi yang rendah. Tanaman ini mampu menyerap kontaminan zat pencemar yang ada dalam air. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Nurfitri, 2010) dalam menurunkan konsentrasi tembaga (Cu) pada limbah cair menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) mampu menurunkan konsentrasi tembaga (Cu) sebesar 620, 488 mg/kg dalam waktu 10 hari. Penurunan terbanyak terdapat pada diakar tanaman, karena mekanisme fitoremediasi tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) merupakan rhizofiltrasi. Selain penyisihan tersebut tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) mampu menurunkan kadar logam nikel (Ni) pada limbah cair dengan nilai efesiensi sebesar 71,09% dalam waktu selama 6 hari. Penelitian yang sama pada penelitian yang dilakukan (Nurlina, 2016) tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) mampu menurunkan konsentrasi besi (Fe) sebanyak 625,395 mg/kg selama 14 hari. Menurunnya konsentrasi besi (Fe) pada limbah cair karena tanaman mampu menyerap zat pencemar yang ada didalam limbah cair dengan akar – akar tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*). Hal yang sama juga berlaku pada penelitian yang dilakukan (mishra et al, 2008) menggunakan tanaman *Pistia stratiotes* dalam mengakumulasi logam berat Fe, Zn, Cu, Cr, dan Cd tidak menyebabkan efek toksik pada tanaman yang memenuhi syarat tanaman yang akan digunakan untuk fitoremediasi air limbah untuk logam berat dalam skala besar.

Berdasarkan dari penelitian yang telah banyak dilakukan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) sebagai tumbuhan air memiliki potensi dalam menurunkan kontaminan pada air limbah yang memiliki kadar organik tinggi. Selain sebagai tanaman hiperkumulator tanaman ini bisa digunakan dan dikembangkan sebagai

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

bahan makan ternak. Selain itu dapat dimanfaatkan sebagai obat disentri, haemmaturie, antiseptik, insektisida, obat asma dan penyejuk. Tanaman ini dapat digunakan untuk membersihkan air sungai yang kotor karena kemampuan akarnya untuk mencengkram lumpur – lumpur yang ada di dalam air (Fachrulrozi, (2010) dalam Nurfitriani, (2019)).

2.9 Proses Penyerapan Logam Berat Oleh Tanaman

Pada dasarnya logam yang larut dalam air maupun dalam tanah dapat diserap oleh tanaman. Tanaman memiliki kemampuan dalam penyerapan yang memungkinkan pergerakan ion menembus membran sel. Sifat pengambilan ion oleh tanaman terdapat dua faktor, yaitu faktor konsentrasi dan faktor perbedaan kuantitatif. Pada faktor konsentrasi dapat dilihat pada kemampuan tanaman untuk mengakumulasi ion sampai suatu konsentrasi, sedangkan untuk faktor perbedaan kuantitatif dapat dilihat dari perbedaan spesies tanaman dan kebutuhan unsur hara dari tanaman tersebut (Fitter dan Hay, 1992). Penyerapan logam berat oleh tanaman berdasarkan (Dalcorso, 2014) terdapat tiga proses yaitu :

1. Penyerapan oleh akar

Meskipun beberapa nutrisi seperti SO_2, NH_3, NO_2, yang berbentuk gas banyak diserap oleh daun melalui stomata akan tetapi kebanyakan dari mineral yang terlarut akan diserap oleh akar tanaman. Mekanisme penyerapan melalui cara pelepasan proton kedalam rizosfer, untuk meningkatkan kelarutan kation seperti Fe, Cu dan Zn. Menurut (Permadi, 2019) terdapat dua cara penyerapan ion logam kedalam akar tanaman. Pertama ion dalam air bergerak menuju akar ke gradien potensial yang disebabkan oleh traspirasi. Kedua difusi, gradien konsentrasi dihasilkan oleh oleh pengambilan ion oleh permukaan akar.

2. Traslokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain

Logam yang telah diserap oleh akar, kemudian akan diangkut oleh jaringan pengangkut xilem dan floem. Jaringan pengangkut xilem akan membawa logam terlarut menuju bagian tumbuhan yang lain.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. Distribusi selurel (Lokalisi logam)

Lokalisasi pada tanaman untuk mencegah peracunan terhadap sel jaringan tumbuhan. Misalnya tumbuhan mempunyai proses detoksifikasi dengan cara menimbun logam didalam organ tertentu seperti akar.

Penurunan kontaminan pada air dan tanah dapat diserap oleh akar tumbuhan dengan bantuan mikroorganisme yang ada di dalam air dan tanah. Menurut (Ariyanti, 2011) fitoremediasi merupakan upaya penanganan limbah dan pencemaran lingkungan secara biologi menggunakan tumbuhan, dimana tumbuhan tersebut bekerjasama dengan mikroorgansme dalam mengubah, menstabilkan atau menghancurkan zat kontaminan menjadi berkurang atau tidak berbahaya sama sekali, bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi. Berdasarkan (Gadd, 2010) menyatakan keberadaan mikroba pada akar tanaman memiliki peran penting dalam menentukan kelarutan, mobilitas, dan ketersediaan logam bagi tumbuhan melalui pengubahan pH di lingkungan mikro tanah, spesiasi logam, dan pengeluaran *(exretion)* senyawa pengkhelat logam.

Rizosfir (Rhizosphera) merupakan daerah tempat berinteraksi antara tanaman (akar) dengan mikroba. Menurut (Lines-Kelly, 2005) rizosfir merupakan lingkungan dalam tanah disekeliling akar suatu tanaman dimana aktivitas kimia dan biologinya dipengaruhi oleh akar secara langsung. Sejalan dengan pertumbuhan akar tanaman mensekresikan senyawa yang mudah larut dalam air misalnya asam amonia, gula dan asam – asam organik yang akan menyediakan makanan bagi mikroba. Adanya suplai makanan tersebut mengakibatkan dapat menyebabkan aktivitas mikroba di rizosfir jauh lebih tinggi dibandingkan lingkungan tanah yang jauh dari akar tanaman. Sebaliknya dengan adanya aktivitas mikroba yang tinggi akan membantu menyediakan nutrisi bagi tanaman dan meningkatkan akumulasi logam yang ada di air oleh tanaman.

Tanaman kayu apu dapat menyisihkan limbah dengan proses metabolisme dan menggunakan akar. Proses metabolisme pada tanaman mencakup proses penyerapan senyawa organik dan proses fotosintesis. Pada proses akar terdapat mikroba pembantu yaitu bakteri rizobacter dan penyisihan menggunakan serabut akar. Sedangkan pada proses fitosintesis dapat menghasilkan oksigen (O_2) yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kemudian akan masuk kedalam air dan akan mengoksidasi senyawa organik serta akan meningkatkan oksigen kedalam air. Bakteri *rizosfere* yang ada dalam akar tanaman akan mengurungai kandungan senyawa organik dan anorganik (Rahadian, 2017). Akar tanaman berinteraksi dengan sejumlah besar mikroorganisme yang berbeda dalam tanah, dengan adanya interaksi ini dapat menjadi penentu utama keberhasilan proses fitoremediasi. Mikroba tanah memiliki peran penting dalam daur ulang nutrisi tanaman, pemeliharaan struktur tanah, keracunan bahan kimia berbahaya, dan kontrol hama tanaman dan pertumbuhan tanamna (Yan-de, 2007). Keberhasilan pada saat proses fitoremediasi menurut (Muratova, 2003) menyatakan keberhasilan pada proses fitoremediasi terhadap lahan terkontaminasi berhubungan dengan kapasitas tanaman untuk meningkatkan aktivitas mikroba di rhizosfer misalnya, detoksifikasi utama agen adalah rhizosphere mikroflora, dan tanaman disesuaikan dengan kontaminasi memberikan kondisi yang menguntungkan (seperti pasokan tambahan oksigen, nitrogen, dan karbon sumber melalui eksudat nabati) untuk ekspresi aktivitas degradatif oleh mikroba.

2.10 Sistem *Batch*

Proses *batch* merupakan sebuah proses dimana semua reaktan dimasukkan secara bersama – sama pada awal proses dan dikeluarkan pada akhir proses. Pada proses ini semua reagen ditambahkan diawal proses dan tidak ada penambahan atau pengeluaran ketika proses ini berlangsung. Proses *batch* lebih cocok digunakan pada sekala kecil ataupun laboratorium. Pada proses ini cara beroperasinya secara konstan karena perubahan komposisi merupakan bagian dari waktu. Pada industri biasanya sistem *batch* digunakan untuk fase larutan, sedangkan untuk fase gas jarang digunakan karena dengan adanya pengaduk resiko kebocoran akan tinggi. Pada reaktor ini dikatakan ideal apabila komposisi didalam reaktor seragam (Hibatuallah, 2019).

Pada proses sistem *batch* mengalami proses dimana tidak adanya massa masuk maupun keluar selama reaksi berlangsung, sedangkan semua bahan yang telah dimasukkan akan direaksikan selama beberapa waktu dan dikeluarkan sebagai

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

suatu produk selama proses tidak terjadi aliran yang ada pada produk dari reaksi (Permadi, 2019). Sistem batch memiliki kelebihan dan kekurangan diantaranya :

a. Biaya perawatan dan biaya instrumentasi rendah
b. Penggunaan fleksibel (dapat dihentikan secara mudah pada sewaktu - waktu)
c. Penggunaan yang multi fungsi dan mudah dibersihkan
d. Dapat digunakan untuk campuran limbah kuat dan beracun

Kekurangan dari sistem *batch* sebagai berikut :

a. Dibutuhkan lebih banyak pekerja, karena diperlukan pengawasan terhadap kondisi prosedur yang terus berubah dari awal sampai akhir
b. Skala produksi yang relatif kecil

2.11 Integrasi Keilmuan dalam Pandangan Islam

Allah telah menjelaskan didalam Alquran tentang penyebab kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh ulah tangan manusia. Hal tersebut tertulis dalam Q.S Ar-Ruum ayat 41.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah nampak kerusakan didarat dan dilaut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah Subhanahu wata’ala merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”.

Berdasarkan ayat tersebut telah dijelaskan dalam alquran bahwa sesungguhnya kerusakan yang terjadi dialam atau terjadinya sebuah bencana memiliki hubungan dengan manusia. Menurut seorang ahli hadist yaitu Imam Abu Aliyah dalam menanggapi kerusakan yang ada dibumi. Ia berkata: “barang siapa yang berlaku maksiat kepada Allah SWT dimuka bumi, maka berarti dia telah berbuat kerusakan didalamnya. Karena kebaikan bumi dan langit adalah sebab ketaatan”.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pendapat ini menjelaskan adanya kerusakan yang muncul yang disebabkan oleh perbuatan tangan manusia yang mendasari perbuatannya dengan ketidaktaatan kepada Allah SWT. Contohnya terjadinya pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh perbuatan manusia yang sering membuang air limbah dari aktivitas sehari-hari langsung dialirkan ke saluran pembuangan tanpa melakukan pengolahan terlebih dahulu. Hal ini akan berdampak buruk bagi kesehatan penduduk sekitar maupun terganggunya maupun kehidupan dalam air seperti ikan, mikroorganimse dan lain-lain. Untuk meminimalisir dampak tersebut harus dilakukan proses pengolahan air limbah dalam bentuk teknologi yang tepat guna. Dalam kasus ini, salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk pengolahan air tanah yaitu teknologi fitoremediasi.

Dalam teknologi fitoremediasi membutuhkan fitoremediator dalam wujud tanaman, baik berupa pohon, rumput-rumputan maupun tanaman air. Allah SWT berfirman dalam Surat Al-Luqman ayat 10:

خَلَقَ ٱلسَّمَٰوَٰتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا ۖ وَأَلْقَىٰ فِى ٱلْأَرْضِ رَوَٰسِىَ أَن تَمِيدَ بِكُمْ وَبَثَّ فِيهَا مِن كُلِّ دَآبَّةٍ ۚ وَأَنزَلْنَا مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَنۢبَتْنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: “Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis binatang. Dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik.”

Berdasarkan ayat tersebut Allah SWT telah menjelaskan mengembangbiakkan segala jenis binatang, seperti mikroorganisme yang berada di air. Kemudian diturunkan air hujan untuk menumbuhkan segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik. Allah SWT menurunkan tumbuhan yang memiliki kegunaan dan manfaat, salah satunya tanaman kiambang dan kayu apu. Selama ini tanaman kiambang dan kayu apu dipandang sebelah mata karena dianggap sebagai tanaman pengganggu/ gulma tidak memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Meskipun begitu,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tanaman ini mempunyai kelebihan yaitu memiliki sifat hiperakumulator yang tinggi terhadap logam berat.

Dalam pengolahan limbah dengan teknologi fitoremediasi menggunakan tanaman sebagai fitoremediator yang akan bekerjasama dengan mikroorganisme untuk menurunkan atau menghilangkan zat pencemar yang ada di dalam air limbah tersebut.

2.12 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Tujuan	Hasil penelitian
1	Nurina, Sri Suhadiyah, Muh Ruslan U, (2016), "akumulasi logam berat besi (Fe) pada kiapu *pistia stratiotes* L dari air sumur sekitar worshop unhas"	Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui konsentrasi logam berat besi (Fe) yang terakumulasi pada tumbuhan kiapu *pistia stratiotes* L. Dan dampak fisiologis terhadap tumbuhan	Hasil dari penelitian ini menunjukkan akumulasi logam berat besi (fe) pada tumbuhan kiapu *pistia stratiotes* L. dari air sumur disekitar worshop unhas mampu menyerap besi (Fe) sebanyak 1747.065 mg/kg bobot kering dalam waktu 7 hari dengan daya absorpsi logam besi (Fe) sebanyak 249.5807 mg/kg/hari. Lewat dari hari ke 7 terjadi penurunan laju absorpsi karena terjadinya klorosis dan nekrosis pada tumbuhan kiapu *pistia stratiotes* L yang mengalami kejenuhan dan dapat mengurangi kemampuan dalam mengabsorpsi logam besi (Fe)
2	Sata Yoshida R, Ismanto, Nilna Kamala, (2018) "efektifitas kombinasi kiambang	Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kombinasi kedua jenis tanaman *salvinia adnata Desv.* Dan *Pistia*	Hasil dari penelitian ini menunjukkan kombinasi yang paling efektif untuk menurunkan kadar kadmium

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

	(salvinia adnata desv) dan kayu apu *(pistia strati otes* L.*)* dalam fitoremediasi logam kadmium (Cd) diperairan"	*Stratiotes* L. Sehingga dapat diketehui kombinasi *salvinia adnata Desv.* Dan *Pistia Stratiotes* L. Yang ditanam dalam tempat yang sama untuk menurunkan logan kadmium (Cd) yang ada di dalam air	pada air yaitu pada perlakuan P2 (kombinasi 50:50) dengan rata – rata 0,6383 selama 14 hari. Akan tetapi organ tanaman mempengaruhi struktur morfologi dan anatomi kedua tanaman dibuktikan dengan perubahan pada warna kedua daun tanaman yang berubah menjadi warna coklat dan terjadi kerusakan pada beberapa jaringan dan organ.
3	Maulina Cahyani, Pertiwi Andrani, Badrus Zaman, (2016) "Penurunan Konsentrasi Nikel (Ni) Total Dan COD Menggunakan Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L) Pada Limbah Cair Elektroplating "	Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui penurunan konsentrasi nikel total dan COD menggunakna tumbuhan kayu apu, menganalisis pengaruh berat basah tumbuhan kayu apu dan waktu tinggal terhadap penurunan konsentrasi nikel total dan COD, serta mengetahui besar laju traspirasi terhadap limbah cair elektroplating	Hasil dari penelitian ini menunjukkan : a. Efisiensi penyisihan tertinggi untuk nikel terjadi pada hari ke 3 yaitu sebesar 98,24%. Hari ke 15 efisiensi penyisihan pada reaktor kontrol dan reaktor uji sebesar 100% dengan konsentrasi 0 mg/l. Sedangkan untuk efesiensi penyisihan COD terjadi pada hari ke 6 dengan 4 tumbuhan yaitu sebesar 47% dengan nilai konsentrasi 20,21 mg/l dan pada reaktor 2 tumbuhan 51 % pada hari ke 9 b. Berat basah tumbuhan sebesar 27 gram, 54 gram, 81 gram mampu mengurangi konsentrasi nikel sebesar 100% pada hari ke 15. Akan tetapi pada penurunan COD efesiensi penurunan penyisihan pada reaktor uji menurun sebesar 3% pada reaktor 2 sebenayak 7% pada reakktor 4 sebenayak 12%

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

			c. Pada laju traspirasi tertinggi setiap reaktor pada hari pertama sebesar 50 ml/hr pada reaktor 2. Sebanyak 73 ml/hr reaktor 4 dan sebanyak 87 ml/hr pada reaktor 6. Sedangkan pada laju traspirasi terendah pad a hari ke 13 pada setiap reaktor sebesar 20,5 ml/hr pada reaktor 2. Sebanyak 45,5 ml/hr reaktor 4 dan sebanyak 53ml/hr pada reaktor 6.
4	Dwi Puspita R, Bohari Yusuf, Alimuddin, (2015), analisis kandungan ion logam berat (Fe, Cd, Cu, dan Pb) pada tanaman apu – apu *(Pistia Stratiotes* L.*)* dengan menggunakan variasi waktu"	Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kemampuan tanaman apu – apu *(Pistia Stratiotes* L.*)* dapat menyerap ion logam berat Fe, Cd, Cu, dan Pb pada media tumbuhan air dan menentukan rata – rata konsentrasi ion logam berat Fe, Cd, Cu, dan Pb pada tanaman apu – apu *(Pistia Stratiotes* L.*)* minggu ke 1,2,3, dan 4	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman apu – apu *(Pistia Stratiotes* L.*)* memiliki kemampuan untuk menyerap ion logam berat (Fe, Cd, Cu, dan Pb) dengan baik. Akan tetapi ciri – ciri fisik pada daun tanaman mulai menguning karena tanaman telah melewati batas titik jenuh karena telah menyerap banyak logam berat pada air yang diimana semakin banyak logam berat yag diserap maka akan menyebabkan kejenuhan sehingga penyerapan akan terhambat.
5	Zulfa Oktavia, Budiyanto, Nikie astorina Y, (2016), "pengaruh variasi lama kontak fitoremediasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* terhadap kadar kadmium (Cd) pada limbah cair home industry batik "X" magelang"	Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui variasi lama kontak tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* terhadap kadar kadmium (Cd) pada limbah cair batik.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kadar kadmium sebelum perlakuan yaitu 0,540 setelah dilakukan perlakuan terhadap tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* denagn lama kontak 3 hari 44,60%, 6 hari 55,80%, dan 9 hari sebesar 58,80%. Pada hari ke 6 tanaman mulai menunjukkan gejala kronis yaitu berubahnya daun

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

			tanaman dari warna hijau menjadi warna kuning layu. Selain itu terdapat perbedaan penurunan logam berat cd pada kelompok perlakuan atau variasi lama waktu tingga. Semakin lama waktu kontak, maka kadar logam berat kadmium pada air limbah akan menurun.
6	Hana Farah H, (2019), "fitoremediasi limbah domestik (*Grey water*) menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dengan sistem batch"	Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kemampuan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dalam meremoval kadar amoniak, BOD dan COD pada air limbah domestik (*Grey water*), untuk mengetahui efesiensi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M*) terhadap penyisihan amoniak, BOD dan COD pada air limbah domestik dengan fitoremediasi, untuk menganalisa perbedaan pada variasi jumlah tanaman kiambang (Salvinia molesta M) terhadap penyisihan amoniak, BOD dan COD	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada kelompok perlakuan jumlah 0 tanaman mampu meremoval amoniak sebesar 0,003 mg/l, BOD sebesar 14,8229 mg/l, dan COD sebesar 15,4382 mg/l. Pada pelakuan ke 10 tanaman didapatkan amoniak 0,000 mg/l BOD 14,2140 mg/l dan COD 15,0755 mg/l. Pada perlakuan 20 tanaman, kiambang mampu meremoval amoniak 0,000 mg/l, BOD 11,9814 mg/l dan COD 14,8289 mg/l. Nilai efesiensi pada penelitian ini terdapat pada perlakuan 20 tanaman yaitu mampu meremoval amoniak , BOD, COD sebesar 100%, 50,16% dan 58,00%. Berdasarkan uji statistik kruls wallis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada penggunaan variasi jumlah kiambang terhadap penyisihan amoniak , BOD, dan COD
7	Iis Setianingrum, Ega Dwi S, Vivin Viani, Durrotul Uliyah, M. Faiq F, Rudy Syah, (2017)	Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui peningkatan kemampuan tanaman akar wangi	Hasil dari penelitian ini tanaman akar wangi pada reaktor ERASI memiliki kemampuan untuk menyerap

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

	"Metode ERASI (gabungan process Electo-Assisted Phytoremediation dan Aerasi) dengan Tanaman Akar Wangi (Vetiveira zizanioides L) untuk Remediasi Air Limbah Logam Fe dan Cu	menyerap logam Fe dan Cu dalam jangka waktu lebih lama pada media limbah logam berat dengan parameter kualitatif dan kuantitatif yaitu pengamatan perubahan morfologi tanaman dan penurunan konsentrasi logam berat Fe dan Cu.	logam berat, penyerapan ditandai dengan perubahan yang terjadi pada morfologi tanaman yaitu, mudah layu, kering hingga terbakar, selain itu akar tanaman sekar wangi pada reaktor ERASI menunjukkan tanaman stress yang tinggi hal ini dibuktikan dengan angka klorofil yang diperoleh cukup tinggi. Metode ERASI merupakan metode yang efektif dalam proses remediasi logam berat (Fe dan Cu) dengan persentase berturut – turut 85% dan 79%.
8	Gini thottappilly G dan Jeya Jothi G, (2017), "phytoremediation of heavy metals from municipal waste water by *Salvinia molesta mitchell*"	Tujuan dari penelitian ini untuk menyelidiki logam berat dekontaminasi aktivitas *Salvinia molesta* mitchell Dari air sampah kota	Hasil dari penelitian ini menunjukkan sampel yang di dapat dari limbah kota menunjukkan terdapat kandungan logam berat Cu sebesar 0,005 – 0,010 ppm, besi (Fe) sebesar 0,009 – 0,775 ppm, Ni sebesar 0,006 – 0,009 ppm, Zn sekitar 0,030 – 0,135 ppm. logam berat tersebut didapat dari empat sampel yang akan di teliti. Dari empat sampel dilakukan pemeriksaan pada hari ke lima dan hari ke sepuluh. Pada hari ke lima semua logam berat terdapat penurunan secara perlahan. Pada hari kesepuluh terdapat penurunan pada logam berat Cu sebesar 0,007, Fe sebesar 0,01, Ni sebesar 0,003 dan Zn antara (0,005 – 0,106). Dari hasil yang didapat tanaman *Salvinia molesta* bisa digunakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

			sebagai bioindikator untuk penurunan logam berat dalam air limbah.
9	Dea Ghiovani R, (2017), ”Fitoremediasi air yang tercemar limbah laundry dengan menggunakan eceng gondok *(Eichhornia crassipes)* dan kayu apu *(Pistia stratiotes)* ”	Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan kemampuan eceng gondok *(Eichhornia crassipes)* dan kayu apu *(Pistia stratiotes)* dalam menurunkan kandungan organik dalam limbah laundry, menentukan kerapatan yang optimum pada tumbuhan Eceng gondok *(Eichhornia crassipes)* dan kayu apu *(Pistia startiotes)* terhadap penurunan limbah laundry.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tumbuhan eceng gondok mampu menyisihkan BOD 98% atau setara dengan 8 mg/l, COD sebesar 96%, dan fosfat sebesar 99%. Sedangkan pada tumbuhan kayu apu *(pistia stratiotes)* mampu menurunkan BOD sebesar 98%, COD sebesar 96%, fosfat sebesar 99%. Kerapatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu: 10 mg/cm, 20 mg/cm, 30 mg/cm pada eceng gondok sedangkan pada kayu apu sebanyak 14 mg/cm, 25 mg/cm, 35 mg/cm. Pada penelitian ini memiliki efesiensi removal pada kerapatan 30 mg/cm pada eceng gondok dan 35 mg/cm pada kayu apu.
10	Septiana Suryanti, Yusmidiarti, Jubaidi, (2013), “Efektifitas Tumbuhan Eceng Gondok *(Eichhornia Crassipes)* Sebagai Fitoremediasi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe), Timah Hitam (Pb), Mangan (Mn) Pada *Leachate* TPA”	Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbedaan penurunan kadar besi (Fe), timah hitam (Pb), dan mangan (Mn) pada *Leachate* sebelum dan sesudah perlakuan	Hasil dari penelitian ini menunjukkan terdapat penurunan pada besi (Fe), timah hitam (Pb). Penurunan pada kadar besi (Fe) sebelum perlakuan sebesar 6,30 mg/l menjadi 0,25 mg/l. Sedangkan pada timah hitam (Pb) sebelum perlakuan 2,90 menjadi 0,33 mg/l. Kadar mangan (Mn) sebelum perlakuan 2,68 mg/l menjadi 0,08 mg/l. Penurunan logam berat tersebut menggunakan tumbuhan eceng gondok sebanyak 1 kg pada masing –

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

			masing logam berat dengan waktu 6 hari. Penuruanan efektif pada logam berat tersebut terjadi pada waktu sellama 6 hari.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III
METODELOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini berjudul "Fitoremediasi Menggunakan Variasi Kombinasi Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* dalam Menurunkan Besi (Fe) dengan Sistem *Batch*" skala laboratorium. Metode penelitian ini bersifat eksperimental dan pendekatan penelitian yang digunakan adalah analisa kualitatif. Penelitian ini dilaksanakan sekitar bulan maret 2020 yang berlokasi di Laboratorium Integrasi pada ruangan Fisik, Kimia Lingkungan Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya dan Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi PDAM Surya Sembada Surabaya Jadwal pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

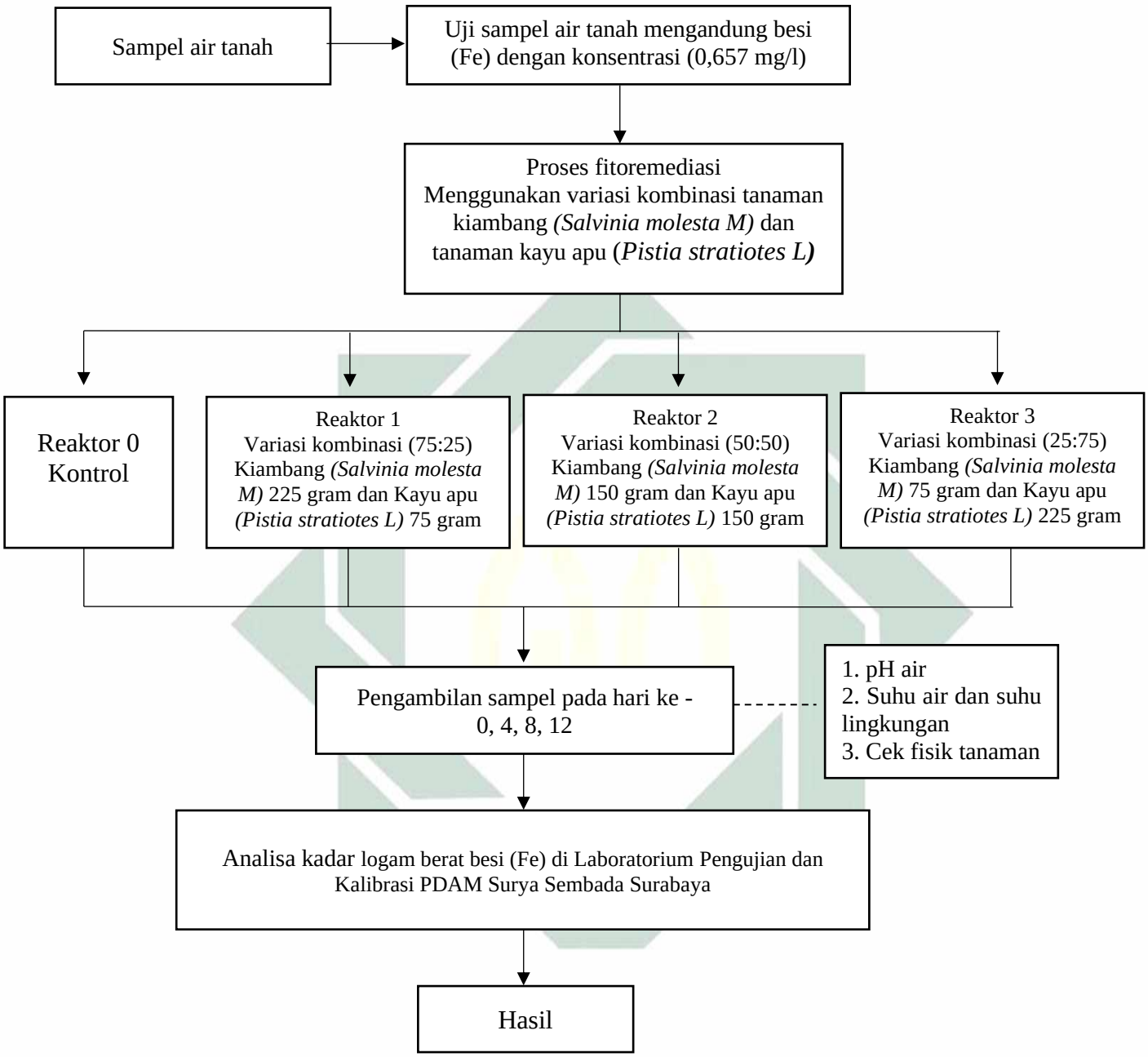
3.2 Alat Dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan akuarium berbahan kaca sebanyak 4 buah dengan P x L x T (60 cm x 35 cm x 15 cm), jerigen, pH meter, spektrofotometer. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan air tanah didaerah Driyorejo. Selain itu menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* dengan menggunakan variasi jumlah berbeda dan berat basah sama sebanyak 300 gram pada setiap reaktor.

3.3 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangkan pikir penelitian merupakan sebuah diagram yang digunakan sebagai acuan dalam menjelaskan secara garis besar alur logika berjalannya sebuah penelitian. Kerangka penelitian dibuat sesuai dengan permasalahan yang ada didalam penelitian untuk mencapai tujuan dalam penelitian. Kerangka pikir penelitian ditunjukkan pada **Gambar 3.1**

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.1 Kerangka Pikir Penelitian

*(**Sumber:** Hasil analisa modifikasi dari (Hibatuallah, 2019)*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4 Variabel Penelitian

Adapun variabel yang ada dalam penelitian ini sebagai berikut **:**

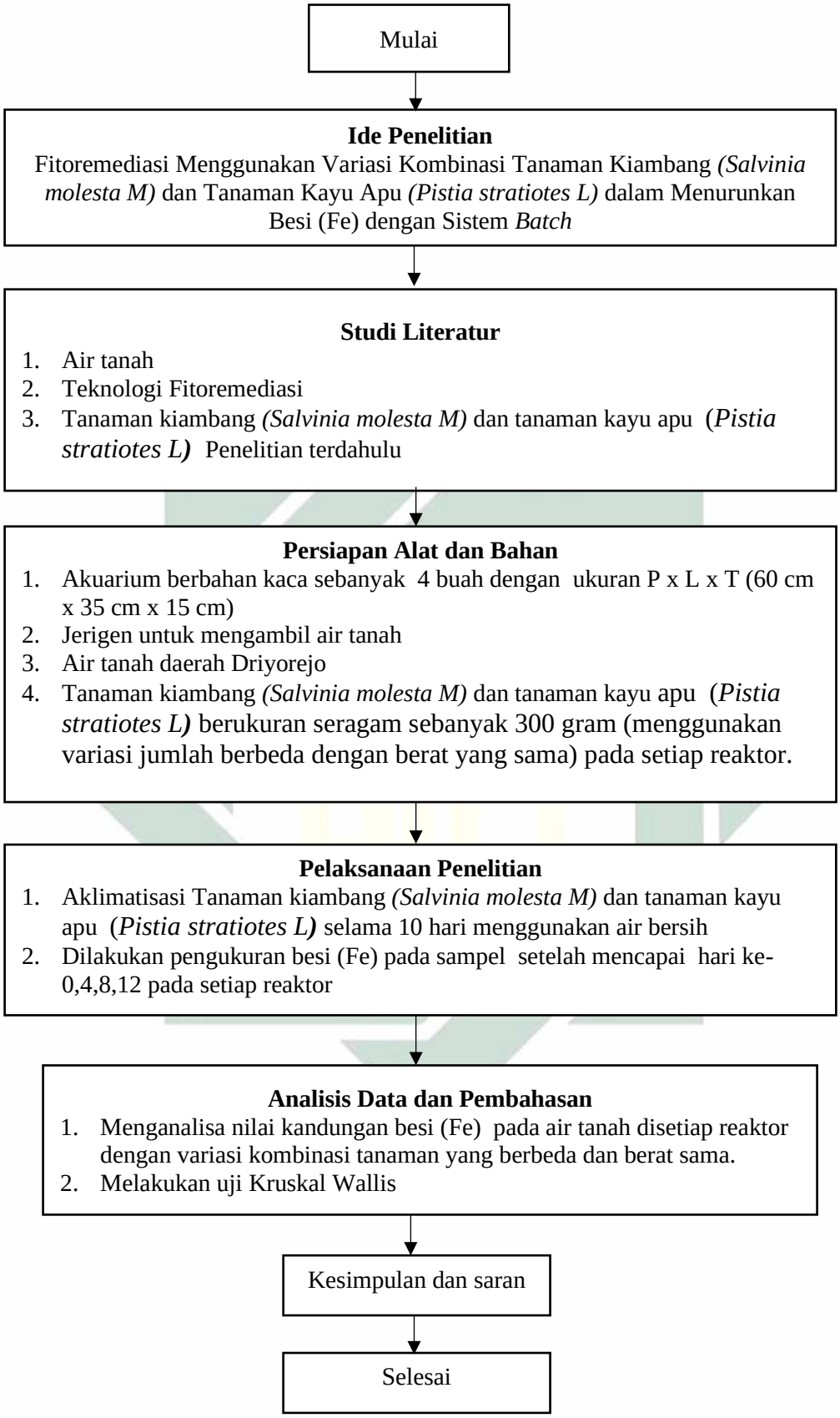
a. Variabel bebas (*independent variabel*) adalah variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)*

b. Variabel terikat (*dependent variable*) adalah logam berat besi (Fe)

3.5 Tahapan Penelitian

Tahapan yang ada dalam penelitian ini berisi tentang langkah – langkah yang akan diambil dalam melaksanakan penelitian. Adapun tahapan dalam melaksanakan penelitian ini berada pada **Gambar 3.2**

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3. 2 Tahapan Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.5.1 Tahap Persiapan Penelitian

Tahap persiapan penelitian adalah tahap melakukan studi literatur terhadap obyek yang akan diteliti. Selanjutnya melakukan proses administrasi sampai didapatnya persetujuan pelaksanaan pada obyek penelitian.

3.5.2 Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan pada penelitian ini melakukan pengumpulan data yang berkaitan dengan penelitian yang akan digunakan. Adapun data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Pada penelitian ini, data primer yang diperoleh berasal dari kandungan besi (Fe) yang ada pada air tanah yang telah dilakukan pengujian. Adapun tahap pengumpulan data primer pada penelitian ini sebagai berikut :

a. Sampling Air Tanah

Air tanah yang digunakan merupakan air tanah jenis sumur bor produksi. Untuk sampling air tanah yang dilakukan berdasarkan SNI 6989.58.2008. Pengambilan sampling air tanah pada penelitian ini bertempat didaerah Driyorejo yang memiliki kandungan besi (Fe) diatas baku mutu. Berdasarkan SNI 6989.58.2008 pengambilan sampel air sumur bor produksi dengan cara, membuka kran air sumur produksi dan membiarkan air mengalir selama 1 – 2 menit kemudian memasukkan sampel air sumur bor kedalam wadah.

b. Persiapan Alat dan Bahan

Sampel yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 15 liter. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, akuarium terbuat dari bahan kaca sebanyak 4 buah dengan ukuran P x L x T (60 cm x 35 cm x 15 cm), jerigen untuk mengambil sampel air tanah. Alat yang digunakan untuk mengukur sampel air tanah berupa, pH meter, spektrofotometer. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sampel air tanah, variasi kombinasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* dengan menggunakan 300 gram tanaman yang berukuran seragam. Tanaman kiambang (*Salvinia molesta M*) yang digunakan memiliki daun berwarna hijau dan berukuran seragam dengan kriteria (panjang akar sekitar 6 – 7,5 cm dan jumlah daun sekitar 17 – 45 helai). Sedangkan kriteria tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) yang digunakan memiliki keseragaman dari (panjang akar sekitar 16 – 20,5 cm dan jumlah daun sekitar 19 – 23 helai). Tanaman ini diambil dari Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi dan sebagian dari penjual tanaman di Kayoon Surabaya.

c. Proses Aklimatisasi

Proses aklimatisasi pada tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* yang digunakan pada proses fitoremediasi tidak berasal dari benih, melainkan berasal dari tumbuhan yang sudah tumbuh. Tanaman yang dipilih untuk diaklimatisasi seragam. Aklimatisasi tanaman dilakukan dengan tujuan agar kondisi tanaman efektif dalam penyerapan karena telah dinetralkan dari pencemar. Tahap proses aklimatisasi sebagai berikut:

1. Membersihkan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* yang digunakan dari kotoran maupun hama yang menempel pada tumbuhan. Selanjutnya memasukkan tanaman ke dalam media tanam yang berisi air bersih.
2. Proses aklimatisasi dilakukan kurang lebih 10 hari sampai tanaman benar – benar netral. Selama proses aklimatisai melakukan pengecekan terhadap morfologi daun tanaman dan panjang akar. Selain itu melakukan pengecekan pH air, suhu air dan lingkungan.
3. Setelah hari sepuluh proses aklimatisasi selesai, maka dipilihlah tanaman uji yang hijau dan segar serta morfologi daun dan akar tanaman yang masih lengkap untuk proses selanjutnya yaitu proses fitoremediasi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

d. Perlakuan

Perlakuan penelitian diawali dengan melakukan persiapan peralatan yang digunakan untuk mempermudah pelaksanaan penelitian. Perlakuan yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Mempersiapkan sampel air tahan sebanyak 15 liter kedalam tiap – tiap reaktor. Kemudian memasukkan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* yang telah diaklimatisasi kedalam reaktor sesuai dengan 0 (tanpa tanaman), kombinasi (75:25) dengan perbandingan penggunaan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* sebanyak 225 gram dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* 75 gram, kombinasi (50:50) yaitu tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* 150 gram dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* 150 gram, kombinasi (25:75) yaitu tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* 75 gram dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* 225 gram (Sata, 2018).
2. Tanaman yang digunakan pada proses fitoremediasi adalah tanaman yang memiliki daun berwarna hijau dan menggunakan tanaman yang seragam sesuai jenisnya. Proses fitoremediasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sistem *batch.*
3. Melakukan analisis harian seperti pengukuran pH air, suhu air dan suhu lingkungan, pengecekan kondisi fisik tanaman (warna daun) sedangkan untuk pengecekan akar tanaman dilakukan diawal dan diakhir proses fitoremediasi.
4. Melakukan analisis setiap 4 hari sekali dengan pengulangan secara duplo untuk analisis penurunan konsentrasi besi (Fe) dalam air.

e. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan pada penelitian merupakan proses yang dilakukan untuk mangambil data percobaan pada penelitian yang dilakukan. Rancangan percobaan pada perlakuan sampel air tanah dapat dilihat pada **Tabel 3.1**

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 3.1 Perlakuan Sampel Penelitian

X	Y		
	Y1	Y2	Y3
X0	X0Y1	X0Y2	X0Y3
X1	X1Y1	X1Y2	X1Y3
X2	X2Y1	X2Y2	X2Y3
X3	X3Y1	X3Y2	X3Y3

Keterangan :

X = Jumlah variasi tanaman

Y = Jumlah waktu pengambilan sampel

Y1 = Pengambilan sampel hari ke -4

Y2 = Pengambilan sampel hari ke -8

Y3 = Pengambilan sampel hari ke -12

X0Y1 = Kontrol pengambilan sampel ke -4

X0Y2 = Kontrol pengambilan sampel ke -8

X0Y3 = Kontrol pengambilan sampel ke -12

X1Y1 = Kombinasi (75:25) dan Pengambilan sampel hari ke -4

X1Y2 = Kombinasi (50:50) dan Pengambilan sampel hari ke -8

X1Y3 = Kombinasi (25:75) dan Pengambilan sampel hari ke -12

X2Y1 = Kombinasi (75:25) dan Pengambilan sampel hari ke -4

X2Y2 = Kombinasi (50:50) dan Pengambilan sampel hari ke -8

X2Y3 = Kombinasi (25:75) dan Pengambilan sampel hari ke -12

X3Y1 = Kombinasi (75:25) dan Pengambilan sampel hari ke -4

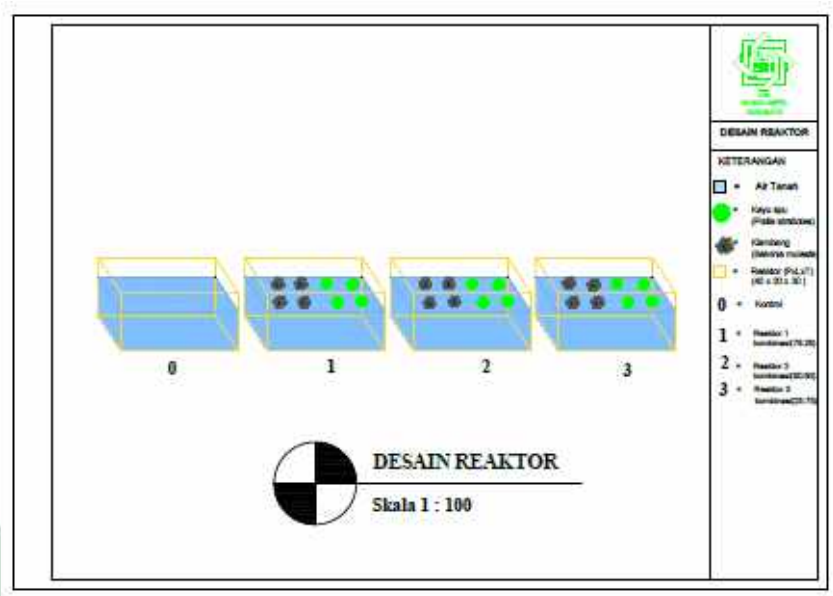
X3Y2 = Kombinasi (50:50) dan Pengambilan sampel hari ke -8

X3Y3 = Kombinasi (25:75) dan Pengambilan sampel hari ke -12

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

f. Skema Reaktor Percobaan

Pada penelitian ini menggunakan reaktor sistem *batch* dalam proses fitoremediasi. Skema reaktor dapat dilihat pada **Gambar 3.3** dibawah ini :



Gambar 3. 3 Reaktor sistem *batch*

g. Analisis Parameter Penelitian

Berdasarkan variabel penelitian terdapat beberapa yang perlu diperiksa yaitu, penurunan konsentrasi logam berat besi (Fe) dalam air dengan mengunakan sistem *batch* dan variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L).* Proses fitoremediasi dilakukan selama 12 hari dengan pengambilan sampel setiap 4 hari sekali hingga hari ke 12. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan botol sampel dan spuit spet. Sebelum sampel diambil, dilakukan pengadukan terlebih dahulu pada media tanam. Sampel yang diambil langsung dianalisa sehingga tidak memerlukan pengawetan pada sampel. Pengamatan analisis parameter yang dilakukan yaitu:

1. Pengamatan setiap 4 hari sekali untuk menganalisis penurunan konsentrasi logam berat besi (Fe) pada air tanah menggunakan spektrofotometer.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Pengamatan pada awal dan akhir penelitian untuk mengetahui (berat tanaman, panjang akar, morfologi daun)

2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini berasal dari referensi – referensi yang sudah ada maupun data yang berasal dari sumber lain seperti jurnal, skripsi, thesis, penelitian orang atau badan/organisasi. Data sekunder memuat tentang proses fitoremediasi dan akumulasi logam berat besi (Fe) menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*).

3.5.3 Tahap Pengolahan Data Dan Penyusunan Laporan

Tahap pengolahan data dan penyusunan laporan merupakan tahap akhir dalam penelitian. Tahap ini berisi tentang hasil laporan yang didapat dari penelitian fitoremediasi dari air tanah dengan menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) dengan cara sistem *batch.* Hasil data dari uji besi (Fe) pada air tanah dapat dilakukan analisa dengan metode deskriptif dan statistik.

1. Analisa Deskriptif

Analisa deskriptif merupakan analisa yang digunakan untuk menjelaskan tentang kemampuan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) dalam meremoval logam berat besi (Fe) pada air tanah terhadap variasi kombinasi tanaman dan lamanya waktu tinggal. Penggunaan gambar dan grafik pada analisa deskriptif dapat membantu dan mempermudah dalam pembahasan. Untuk mengetahui presentasi penurunan konsentrasi besi (Fe) pada penelitian ini menggunakan rumus :

Efisiensi (*EF*) = $\frac{(co-ct)}{co}$ *x* 100 %..... (Hibatuallah, 2019)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Keterangan :

Ef : Efesiensi variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)*

Co : Konsentrasi awal sampel

Ct : Konsentrasi akhir sampel

2. Analisa Statistik

Analisa statistik yang digunakan pada penelitian ini menggunakan uji Kruskal Wallis. Uji ini digunakan sebagai alternatif dari uji anova apabila salah satu atau seluruh sebaran tidak berdistribusi normal. Uji Kruskal Wallis tidak memerlukan asumsi normal dan homogen pada distribusi induknya dan dapat dugunakan untuk 3 sampel atau lebih yang tidak berpasangan. Nilai keyakinan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebesar 95% dengan tingkat signifikan sebesar $\alpha =$ 0,05.

3.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis merupakan sebuah jawaban sementara yang diambil untuk suatu masalah yang masih bersifat praduga sementara, karena masih belum diketahui kebenarannya. Hipotesesis yang masih bersifat praduga membutuhkan uji kebenaran untuk membuktikan agar hipotesis dapat diterima atau tidak. Hipotesis yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

a. (H0) = tidak ada perbedaan variasi kombinas tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* dalam meremoval logam berat besi (Fe)

b. (H1) = adanya perbedaan variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* dalam meremoval logam berat besi (Fe)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tahap Aklimatisasi Tanaman

Tahap awal pada penelitian dilakukan proses aklimatisasi tanaman kiambang (*Salvinia molesta M*) dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*). Proses aklimatisasi tanaman bertujuan untuk menyesuaikan dan menstabilkan tanaman dengan lingkungan baru (Yuliani, 2019). Aklimatisasi tanaman kiambang (*Salvinia molesta M*) dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) dilakukan dengan cara melakukan pemilihan tanaman yang akan digunakan, kemudian mencuci tanaman dengan air bersih untuk mengilangkan kotoran yang ada dalam akar tanaman hingga bersih (Muhajir, 2013). Tanaman kiambang (*Salvinia molesta M*) dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) diaklimatisasi dengan cara dimasukkan kedalam bak berisi air bersih. Kedua tanaman yang telah ada di bak akan diaklimatisasi selama 10 hari. Berikut merupakan keadaan tanaman kiambang (*Salvinia molesta M*) dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) saat proses aklimatisasi dapat dilihat pada **Tabel 4.1.**

Tabel 4. 1 Kondisi Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta M*) dan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*) Saat Aklimatisasi

Waktu Aklimatisasi (Hari)	Kondisi tanaman	Gambar Tanaman	
		Kiambang *(Salvinia molesta M)*	Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)*
Hari ke-1	Hari pertama aklimatisasi tanaman kiambang (S*alvinia molesta M*) dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) masih sangat baik, ditandai dengan daun berwarna hijau dan segar. tanaman kiambang (S*alvinia molesta M*) memiliki panjang akar mencapai 2,1 – 3,1 cm dengan jumlah daun 5 – 23 helai dengan bermunculannya tunas daun. Sedangkan tanaman kayu		

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

	apu (*Pistia stratiotes L*) memiliki panjang akar mencapai 13 – 15,7 cm dan jumlah daun sekitar 10 – 13 helai. Adapun data pendukung lainnya seperti pH air sebesar 8.2 dan suhu air 28 ºC, Sedangkan suhu lingkungan sebesar 29 ºC. Pengujian aklimatisasi tanaman dilakukan pada jam 9.00 WIB		
Hari ke-2	Pada hari kedua kondisi tanaman kiambang (S*alvinia molesta M*) dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) masih sama dengan hari pertama ditandai dengan daun berwarna hijau dan segar. tanaman kiambang (S*alvinia molesta M*) memiliki panjang akar mencapai 2,5 – 3,5 cm dengan jumlah daun 6 – 27 helai. Sedangkan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) memiliki panjang akar mencapai 13,8 – 14,9 cm dan jumlah daun sekitar 11 – 13 helai. Adapun data pendukung lainnya seperti pH air sebesar 8.4 dan suhu air 27 ºC, untuk suhu lingkungan sebesar 28 ºC.		
Hari ke-3	Pada hari ketiga kondisi tanaman kiambang (S*alvinia molesta M*) mengalami perubahan dengan bermunculan tunas daun. Panjang akar mencapai 2,9 – 4,2 cm dengan jumlah daun 6 – 28 helai. Sedangkan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) masih sama dengan hari kedua ditandai dengan daun berwarna hijau dan segar. Panjang akar masih sama dengan hari kedua mencapai 13,4 – 15,5 cm dan jumlah daun sekitar 12 – 14 helai. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.4 dan suhu air 27 ºC,		

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

	sedangkan suhu lingkungan sebesar 28 ºC.		
Hari ke-4	Pada hari keempat kondisi tanaman kiambang (S*alvinia molesta M*) mengalami perubahan dengan bertambahnya daun baru. Panjang akar tanaman ini mengalami peningkatan setiap harinya kurang lebih sekitar 5 cm. Panjang akar mencapai 3,4 – 4,5 cm dengan jumlah daun 8 – 30 helai. Sedangkan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) mengalami perubahan dengan munculnya tunas baru. Panjang akar mencapai 14– 16 cm dan jumlah daun sekitar 13 – 14 helai. Untuk data pendukung pH air sebesar 8.5 dan suhu air 29 ºC, selanjutnya suhu lingkungan sebesar 30 ºC.		
Hari ke-5	Pada hari kelima tanaman kiambang (S*alvinia molesta M*) masih sama dengan hari sebelumnya. Tunas baru pada daun sering bermuculan. Panjang akar mencapai 4 – 4,8 cm dengan jumlah daun 8 – 33 helai. Sedangkan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) masih sama dengan hari sebelumnya memiliki daun yang segar dan berwarna hijau. Panjang akar mencapai 14,5 – 17,2 cm dan jumlah daun sekitar 14 – 16 helai. Sedangkan data pendukung pH air sebesar 8.4 dan suhu air 28 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC.		

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hari ke-6	Pada hari keenam tanaman kiambang (S*alvinia molesta M*) masih sama dengan hari sebelumnya. Keadaan tanaman masih baik. Panjang akar mencapai 4,5 – 5,9 cm dengan jumlah daun 9 – 35 helai. Sedangkan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) masih baik dengan daun hijau dan segar. Panjang akar mencapai 14,5 – 17,5 cm dan jumlah daun sekitar 15 – 18 helai. Sedangkan data pendukung pH air sebesar 8.4 dan suhu air 28 ºC, suhu lingkungan sebesar 29 ºC.		
Hari ke-7	Pada hari ketujuh tanaman kiambang (S*alvinia molesta M*) tidak terdapat perubahan yang signifikan. Tanaman baik dan masih sehat dengan ditandai warna hijau pada daun. Panjang akar tanaman mencapai 5,6 – 6,1 cm dengan jumlah daun 11 – 39 helai. Sedangkan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) terjadi perubahan warna pada daun. Terdapat warna kuning diluar daun akan tetapi daun lainnya masih segar dan hijau. Panjang akar tanaman mencapai 14,8 – 18,2 cm dan jumlah daun sekitar 17 – 20 helai. Sedangkan data pendukung pH air sebesar 8.4 dan suhu air 28 ºC, suhu lingkungan sebesar 29 ºC.		

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hari ke-8	Pada hari delapan tanaman kiambang (S*alvinia molesta M*) mengalami perubahan pada ujung daun dengan munculnya warna kecoklatan pada daun karena tua. Akan tetapi pada daun yang lain masih baik. Panjang akar tanaman mencapai 5,8 – 6,4 cm dengan jumlah daun 12 – 40 helai. Sedangkan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) masih sama dengan hari sebelumnya terdapat warna kuning diluar daun akan tetapi daun lainnya masih segar dan hijau. Panjang akar tanaman mencapai 15,1 – 18,8 cm dan jumlah daun sekitar 18 – 21 helai. Untuk data pendukung pH air sebesar 8.4 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC.		
Hari ke-9	Pada hari sembilan tanaman kiambang (S*alvinia molesta M*) masih sama seperti hari sebelumnya. Terdapat warna kecoklatan pada sebagian helai daun karena tua. Sedangkan pada daun yang lain masih hijau dan segar. Panjang akar tanaman mencapai 6 – 6,8 cm dengan jumlah daun 15 – 43 helai. Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) masih sama dengan hari sebelumnya terdapat warna kuning diluar daun akan tetapi daun lainnya masih segar dan hijau. Panjang akar tanaman mencapai 15,4 – 19,3 cm dan jumlah daun sekitar 19 – 22 helai. Untuk data pendukung pH air sebesar 8.4 dan suhu air 28 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC.		

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hari ke-10	Pada hari kesepuluh tanaman kiambang (S*alvinia molesta M*) masih sama seperti hari sebelumnya. Terdapat warna kecoklatan pada sebagian daun karena tua. Akan tetapi pada daun lainnya masih cukup baik. Panjang akar tanaman mencapai 6,3 – 7,3 cm dengan jumlah daun 17 – 45 helai. Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) masih sama dengan hari sebelumnya terdapat warna kuning diluar daun akan tetapi daun lainnya masih segar dan hijau. Panjang akar tanaman mencapai 16,1 – 20,2 cm dan jumlah daun sekitar 19 – 23 helai. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.4 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC.		

Sumber : Dokumen Penelitian, 2020

Pada poses aklimatisasi tanaman kiambang (*Salvinia molesta M*) dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) dapat diambil kesimpulan bahwa kedua tanaman tersebut mampu tumbuh dan berkembang dengan baik. Tanaman kiambang tidak ada yang mati, hanya saja terjadi kerusakan pada sebagian daun tumbuhan yang disebabkan oleh faktor lingkungan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Hibatuallah, 2019). Faktor lingkungan yang menyebabkan kerusakan pada tanaman kiambang (*Salvinia molesta M*) dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) meliputi, suhu, intensitas penyinaran, pH air dan ruang tumbuh tanaman. Semakin sempit ruang tumbuh suatu tanaman maka semakin lambat pertumbuhan tanman tersebut (Nurfitriani, 2019).

4.2 Hasil Uji Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta M*) Dan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*)

Tahap kedua setelah melakukan proses aklimatisasi yaitu melakukan proses uji fitoremediasi terhadap tanaman kiambang (*Salvinia molesta M*) dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) pada air tanah. Sampel air tanah yang digunakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berasal dari daerah Driyorejo (Jl. Raya Krikilan RT. 12 RW. 05). Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah memasukan sampel air tanah sebanyak 15 liter kedalam reaktor berukuran P x L x T (60 cm x 35 cm x 15 cm) dan variasi kombinasi tanaman kiambang (*Salvinia molesta M*) dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) kedalam reaktor.

Tanaman kiambang (*Salvinia molesta M*) yang digunakan memiliki kriteria panjang akar 6 – 7,5 cm dan jumlah daun sekitar 17 – 45 helai. Sedangkan kriteria tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) yang digunakan memiliki panjang akar 16 – 21 cm dan jumlah daun sekitar 19 – 23 helai, dengan menggunakan variasi kombinasi berat tanaman yang sama yaitu sebesar 300 gram. Perbandingan variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* yang digunakan yaitu satu reaktor sebagai kontrol (tanpa tanaman), reaktor ke dua menggunakan variasi kombinasi dengan perbandingan (75:25) yaitu tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* 225 gram dan kayu apu *(Pistia stratiotes L)* 75 gram, reaktor ketiga menggunakan variasi kombinasi (50:50) yaitu tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* 150 gram dan kayu apu *(Pistia stratiotes L)* 150 gram, reaktor ke empat menggunakan variasi kombinasi (25:75) yaitu tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* 75 gram dan kayu apu *(Pistia stiotes L)* 225 gram (Sata, 2018). Sistem yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sistem *batch*. Proses ini berlangsung selama 12 hari dengan pengambilan sampel sebanyak 100 ml dalam satu kali pengambilan untuk uji logam berat besi (Fe) setiap 4 hari sekali. Sedangkan parameter pendukung yang digunakan seperti pH air, suhu air dan suhu lingkungan yang dilakukan pengukuran setiap hari.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.2 Kondisi Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Saat Uji Fitoremediasi

Hari Ke-	Keadaan Reaktor				Gambar			
	Kontrol	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3	Kontrol	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
Hari ke-0	Kondisi air tanah sedikit berwarna kuning, tidak memiliki bau yang menyengat. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.9 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC.	Kondisi seluruh tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* terlihat baik dengan berwarna hijau dan segar akar tanaman berwarna coklat dan baik sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* terlihat berwarna hijau dan segar, memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) sedikit warna kuning. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.9 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC.	Kondisi seluruh tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* terlihat baik tidak jauh berbeda dengan reaktor 1 memiliki daun berwarna hijau dan segar akar tanaman berwarna coklat dan baik sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* terlihat baik dengan daun hijau dan segar, memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) sedikit warna kuning. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.9 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC.	Kondisi seluruh tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* terlihat baik memilikik daun hijau dan segar akar tanaman berwarna coklat dan baik sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* terlihat baik seperti dengan tanaman kiambang memiliki daun hijau dan segar, memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) sedikit warna kuning. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.9 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC.				
Hari ke-1	Kondisi air tanah sedikit berwarna kuning, tidak memiliki bau yang menyengat. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.9 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC.	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* masih terlihat baik. Memiliki akar tanaman berwarna coklat dan baik sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* masih baik dengan terlihatnya daun berwarna hijau dan segar, memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) sedikit warna kuning. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.9 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* masih terlihat baik. Tidak ada perubahan yang signifikan. Akar tanaman berwarna coklat dan baik sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* masih baik dengan dengan keadaan daun hijau dan segar, memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) sedikit warna kuning. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.8 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* masih terlihat baik dengan daun berwarna hijau dan segar akar tanaman berwarna coklat dan baik sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* masih baik dengan terlihatnya daun berwarna hijau dan segar, memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) sedikit warna kuning. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.8 dan suhu air 29 ºC,				

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

				suhu lingkungan sebesar 30 ºC				
Hari ke-2	Kondisi air tanah sedikit berwarna kuning, tidak memiliki bau yang menyengat, keadaan air masih sama seperti hari sebelumnya. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.9 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi seluruh tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* tidak berbeda jauh dengan hari sebelumnya. Masih belum terdapat perubahan. Memiliki akar tanaman berwarna coklat dan baik sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* masih baik seperti hari sebelumnya. Terlihatnya daun berwarna hijau dan segar. memiliki akar berwarna coklat dan jumbai Sampel air tanah mengandung besi (Fe) sedikit warna kuning.. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.8 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi seluruh tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* tidak berbeda jauh dengan reator 1 & 3 keadaan tanaman baik. Akar tanaman berwarna coklat dan baik. Begitu juga dengan keadaan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Keaadaan daun masih baik. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) sedikit warna kuning. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.8 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* memiliki daun yang baik dan hijau. Untuk akar tanaman berwarna coklat dan baik. Tidak ada perubahan yang signifikan pada tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* masih tidak beda jauh pada reaktor 2 dan 1. Memiliki daun segar dan baik. Dengan akar berwarna coklat dan jumbai. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) sedikit warna kuning. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.7 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC				
Hari ke-3	Kondisi air tanah sedikit berwarna kuning, tidak memiliki bau yang menyengat. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.8 dan suhu air 27 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* tidak memiliki perubahan yang drastis warna daun tanaman masih baik dengan berwarna hijau. Sedangkan akar tanaman berwarna coklat dan baik. Begitu juga dengan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* tanaman masih segar dan baik dengan akar berwarna coklat dan jumbai. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) sedikit warna kuning. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.8 dan suhu air 27 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* masih sama seperti hari sebelumnya keadaan daunpun masih baik dan hijau. Sedangkan akar tanaman berwarna coklat dan baik. Tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* tidak mengalami perubahan keadaan tanaman masih baik dengan daun hijau. memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) sedikit warna kuning. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.9 dan suhu air 27 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* tidak beda jauh dengan reaktor 1 & 2 tanaman masih baik dan segar. Begitu juga dengan akar tanaman berwarna coklat dan baik sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* tidak mengalami prubahan untuk daun lainnya masih baik dengan terlihatnya daun berwarna hijau dan segar, memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) sedikit warna kuning. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.9 dan suhu air 27 ºC,				

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

				suhu lingkungan sebesar 30 ºC				
Hari ke-4	Kondisi air tanah sedikit berwarna kuning, tidak memiliki bau yang menyengat, terjadi penguranan Volume air tanah mengandung besi (Fe) sebanyak 200 ml. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 7.7 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi seluruh tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* tidak ada perubahan masih terlihat baik dengan daun berwarna hijau dan baik. Sedangkan pada akar tanaman berwarna coklat dan baik sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mulai muncul warna kuning pada bagian luar daun. Terjadi perubahan pada sehelai daun saja yang disebabkan faktor lingkungan. Sedangkan pada daun lainnya masih baik dengan daun berwarna hijau dan segar, memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Volume sampel air tanah mengandung besi (Fe) mengalami penurunan kurang lebih 200 ml. Karena pengambilan untuk uji laboratorium. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.3 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi semua tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* memiliki bentuk yang baik dengan daun berwarna hijau dan segar akar tanaman berwarna coklat dan baik sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* muncul beberapa warna kuning pada bagian luar daun. Dari ke 3 tanaman yang digunakan muncul bagian kuning pada daun terjadi pada 2 tanaman dengan masing – masing 1 helai berwarna kuning pada tiap tanaman yang disebabkan karena tingginya temperatur pada hari sebelumnya. Sedangkan pada tanaman yang satu masih baik dengan berwarna hijau. Untuk akar berwarna coklat dan jumbai. Volume sampel air tanah mengandung besi (Fe) mengalami penurunan kurang lebih 200 ml. Karena pengambilan untuk uji laboratorium. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.3 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi semua tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* memiliki bentuk yang baik warna daun masih hijau dan baik. Untuk akar tanaman berwarna coklat. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami perubahan bentuk daun pada bagian luar berawarna kuning. Dari ke 3 tanaman yang digunakan terjadi perubahan hanya pada 1 tanaman dengan muncul warna kuning pada 2 helai daun yag disebabkan faktor lingkunan. Akan tetapi pada 2 tanaman lainnya masih baik dengan warna daun hijau. Memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Volume sampel air tanah mengandung besi (Fe) mengalami penurunan kurang lebih 200 ml. Karena pengambilan untuk uji laboratorium. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.3 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC				

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hari ke-5	Kondisi air tanah sedikit berwarna kuning, tidak memiliki bau yang menyengat. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.4 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 32 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* mengalami perubahan pada daun dengan munculnya warna coklat dipinggiran daun karena tanaman mulai menyerap zat pencemar dalam air. Daun yang mengalmi perubahan kurang lebih 3 buah tanaman. sedangkan pada tanaman lainnya masih baik dengan daun berwarna hijau. Akar tanaman berwarna coklat dan baik. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* sama seperti hari sebelumnya terdapat warna kuning pada bagian luar daun sebanyak 1 helai daun. Daun lainnya masih baik dengan daun hijau dan segar, memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) bening. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.4 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 32 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* mengalami perubahan pada daun dengan munculnya warna coklat dipinggiran daun karena tanaman mulai menyerap zat pencemar dalam air. Perubahan warna daun terjadi kurang lebih pada 4 buah tanaman pada bagian pangkal daun. Sedangkan pada tanaman yang lain masih baik dengan ditandai daun segar dan hijau. Sedangkan akar tanaman berwarna coklat dan baik. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* masih sama dengan hari sebelumnya. Muncul warna kuning pada bagian ujung daun. Perubahan ini terjadi pada 1 tanaman dari 3 tanaman yang digunakan.yaitu sebanyak 1 helai daun. Sedangkan pada daun lainnya masih baik dan segar dengan warna hijau. Akar berwarna coklat dan jumbai. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) bening. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.5 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 32 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* mengalami perubahan pada daun dengan munculnya warna coklat dipinggiran daun, karena tanaman mulai menyerap zat pencemar dalam air. Perubahan terjadi pada 2 tanaman saja. Sedangkan pada tanaman lainnya masih tampak baik dengan daun berwarna hijau. Sedangkan pada akar tanaman berwarna coklat. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* masih sama seperti hari sebelumnya bentuk daun bagian luar berawarna kuning sekitar 3 halai daun pada 1 tanaman saja sedangkan pada 2 tanamn lainnya masih baik dan segar. Memiliki akar berwarna coklat dan jumbai akan tetapi mulai terjadi kerontokan pada ke 3 akar tanaman. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) bening. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.4 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 32 ºC				

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hari ke-6	Kondisi air tanah sedikit berwarna kuning, tidak memiliki bau yang menyengat. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 32 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* masih sama dengan hari sebelumnya, terdapat warna coklat pada sebagian daun kurang lebih 3 buah tanaman sedangkan pada tanaman yang lain masih baik dengan warna hijau pada daun. Selain itu sebagian dari tanaman muncul tunas pada daun karena tanaman melakukan proses produksi secara vegetatif. Tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami perubahan dengan bertambahnya warna kuning pada bagian luar daun sebanyak 3 helai daun. Sedangkan pada daun yang lain masih baik dengan terlihatnya daun berwarna hijau dan segar. Selain itu terjadi kerontokan pada akar tanaman. Kerontokan bisa disebabkan karena gejala klorosis. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) terlihat bening. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 32 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* tidak berbeda jauh dengan hari sebelumnya, terdapat warna coklat pada beberapa tanaman kurang lebih 5 tanaman dengan warna coklat pada bagian pangkal daun, sedangkan dan daun lainnya masih baik dengan bermunculannya tunas baru karena tanaman melakukan proses produksi secara vegetatif. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami perubahan warna kuning pada daun bertambah menjadi 2 tanaman yang mana 3 helai pada 1 tanaman dan 1 helain pada tanaman yang ke 2 sedangkan untuk tanaman ke 3 masih baik dengan daun berwarna hijau, memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) terlihat bening. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 32 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* mengalami penambahan warna coklat pada daun sekitar 5 tanaman dengan warna coklat pada bagian pangkal dan ujung tanaman di seuruh daun yang disebabkan kontaminan telah menyebar ke jaringan daun. Sedangkan tanaman lainnya masih baik dengan bermunculannya tunas daun karena tanaman melakukan proses produksi secara vegetatif . Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* sama dengan hari sebelumnya muncul warna kuning pada 3 helai daun di 1 tanaman saja. Untuk 2 tanaman lainnya masih baik. Untuk akar tanaman mengalami kerontokan. Kerontokan bisa disebabkan karena gejala klorosis. Sampel airtanah mengandung besi (Fe) terlihat bening. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 32 ºC				

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hari ke-7	Kondisi air tanah sedikit berwarna kuning, tidak memiliki bau yang menyengat. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 28 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* terdapat penambahan perubahan pada warna daun sekitar 6 tanaman dengan warna coklat pada daun, selain itu tanaman masih mampu memproduksi dengan munculnya beberapa tunas baru pada daun. Sedangkan pada tanman lainnya masih baik. Akar tanaman mulai mengalami kerontokan, karena tanaman telah terkontaminasi oleh zat pencemar. Tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* masih sama dengan hari sebelumnya yaitu muncul warna kuning pada bagian luar daun di 3 helai daun tanaman selain itu bertambahnya tunas baru pada tanaman. Sedangkan bagian akar tanaman mengalami kerontokan. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) bening. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.3 dan suhu air 28 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* masih sama seperti hari sebelumnya. Terdapat perubahan pada warna daun dengan munculnya warna coklat pada 5 tanaman dan munculnya beberapa tunas baru pada daun. Sedangkan pada tanaman yang lainnya masih baik dengan warna hijau pada daun. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* masih sama seperti hari sebelumnya. Mengalami perubahan warna kuning pada daun sebanyak 2 tanaman yang mana 3 helai pada 1 tanaman dan 1 helai pada tanaman yang ke 2 sedangkan untuk tanaman ke 3 masih baik dengan daun berwarna hijau, memiliki akar berwarna coklat dan jumbai. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 28 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* mengalami penambahan perubahan pada warna daun dengan munculnya warna coklat pada 8 tanaman dengan sebagian warna coklat pada pangkal dan ujung daun dan sebagian hanya pada pangkal saja yang disebabkan oleh faktor lingkungan. Sedangkan pada tanaman lainnya masih baik berwarna hijau pada daun dan munculnya beberapa tunas baru pada daun. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami perubahan di ke tiga tanaman yaitu 4 helai di 1 tanaman, 2 helai daun di tanaman ke 2, dan 1 helai daun di tanaman yang ke 3. Akar tanaman mengalami kerontokan. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) bening. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 28 ºC, suhu lingkungan sebesar 30 ºC				

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hari ke-8	Kondisi air tanah sedikit berwarna kuning, tidak memiliki bau yang menyengat, Volume sampel air mengandung besi (Fe) mengalami penurunan kurang lebih 200 ml. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 28 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* mengalami penambahan kerusakan pada tanaman sekitar 11 tanaman terdapat warna coklat pada daun dari pangkal hingga ujung daun dan munculnya beberapa tunas baru pada daun. munculnya tunas menandakan bahwa tanaman masih dapat memproduksi secara vegetatif. Sedangkan pada sebagian tanaman lainnya masih baik belum mengalami perubahan. Tanaman mengalami kerontokan pada akar karena tanaman telah terkontaminasi oleh zat pencemar. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami penambahan perubahan warna daun menguning hingga mengering sekitar 4 helai daun, sedangkan daun lainnya masih segar dengan warna hijau. Sedangkan bagian akar mengalami kerontokan karena tanaman mulai menunjukkan gejala klorosis. Volume sampel air mengandung besi (Fe) mengalami penurunan kurang lebih 200 ml. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.5 dan suhu air 28 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* mengalami penambahan perubahan pada warna daun dengan munculnya warna coklat kurang lebih sebagian dari jumlah tanaman yang digunakan. Perubahan terjadi pada pangkal dan ujung daun tanaman. Akan tetapi pada sebagian daun lainnya masih mampu memproduksi dengan munculnya tunas baru pada daun. Pada akar tanaman mengalami kerontokan karena tanaman telah terkontaminasi oleh zat pencemar. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami penambahan perubahan warna kuning dang megering pada daun di semua tanamanyang digunakan. Sebanyak 3 tanaman yang mana 3 helai pada 1 tanaman, 1 helai pada tanaman yang ke 2 dan 3 helai pada tanaman yang ke 3. Sedangkan pada akar tanaman mengalami sedikit kerontokan karena tanaman mulai menunjukkan gejala klorosis. Volume sampel air mengandung besi (Fe) mengalami penurunan kurang lebih 200 ml. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.5 dan suhu air 28 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* terdapat penambahan perubahan pada warna daun dengan munculnya warna coklat pada sebagian tanaman yang digunakan. Sedangkan pada tanaman lainnya masih baik. Akar tanaman mengalami kerontokan karena tanaman telah terkontaminasi oleh zat pencemar. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami perubahan di ke tiga tanaman yaitu 5 helai di 1 tanaman, 3 helai daun di tanaman ke 2, dan 2 helai daun di tanaman yang ke 3. Akar tanaman mengalami kerontokan karena tanaman mulai menunjukkan gejala klorosis Volume sampel air tanah mengandung besi (Fe) mengalami penurunan kurang lebih 200 ml. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 28 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC				

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hari ke-9	Kondisi air tanah sedikit berwarna kuning, tidak memiliki bau yang menyengat. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 33 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* masih sama seperti hari sebelumnya mengalami kerusakan pada tanaman sekitar seperempat dari jumlah tanaman yang digunakan berubah warna coklat pada daun dari pangkal hingga ujung daun karena kontaminan telah menyebar ke bagian sel jaringan. Sedangkan pada sebagian tanaman lainnya masih baik belum mengalami perubahan. Tanaman mengalami kerontokan pada akar. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* tidak mengalami penambahan perubahan warna kuning dan mengering hanya terdapat di 4 helai daun tanaman. sedangkan pada daun lainnya masih baik dengan warna hijau dan segar. Sedangkan pada bagian akar mengalami kerontokan. Kondisi sampel air tanah mengandung besi (Fe) bening, Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 33 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* tidak berbeda jauh dengan hari sebelumnya mengalami perubahan pada warna daun dengan munculnya warna coklat kurang lebih sebagian dari jumlah tanaman yang digunakan. Perubahan terjadi pada pangkal dan ujung daun tanaman. Pada akar tanaman mengalami kerontokan. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* tidak mengalami penambahan perubahan warna kuning dan megering pada daun tanaman. perubahan terjadi di 3 helai pada 1 tanaman, 1 helai pada tanaman yang ke 2 dan 3 helai pada tanaman yang ke 3. Sedangkan pada akar tanaman mengalami kerontokan. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 33 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* tidak berbeda jauh dengan hari sebelumnya terdapat perubahan pada warna daun dengan munculnya warna coklat pada sebagian jumlah tanaman yang digunakan. Perubahan warna daun terjadi pada pangkal sampai ujung tanaman. Sedangkan pada tanaman lainnya masih baik. Akar tanaman mengalami kerontokan. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami penambahan perubahan di ke tiga tanaman yaitu 5 helai di 1 tanaman, 4 helai daun di tanaman ke 2, dan 3 helai daun di tanaman yang ke 3. Akar tanaman mengalami kerontokan. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) bening, Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 33 ºC				

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hari ke-10	Kondisi air tanah sedikit berwarna kuning, tidak memiliki bau yang menyengat. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* tidak mengalami perubahan yang signifikan dari hari sebelumnya. Kerusakan pada daun tanaman sekitar seperempat dari jumlah tanaman yang digunakan berubah warna coklat pada daun dari pangkal hingga ujung daun. Sedangkan pada sebagian tanaman lainnya masih baik belum mengalami perubahan. Selain itu tanaman masih mampu memproduksi dengan munculnya tunas baru pada ujung daun. Tanaman mengalami kerontokan pada akar. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* tidak mengalami penambahan perubahan warna kuning dan mengering hanya terdapat di 4 helai daun tanaman. sedangkan pada daun lainnya masih baik dengan warna hijau dan segar. Akar tanaman mengalami kerontokan. Kondisi sampel air tanah mengandung besi (Fe) bening. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* masih sama seperti hari sebelumnya mengalami perubahan pada warna daun dengan munculnya warna coklat kurang lebih setengah dari jumlah tanaman yang digunakan. Perubahan terjadi pada pangkal dan ujung daun tanaman. akan tetapi pada tanaman yang lain masih mampu memproduksi dengan baik dengan munculnya tunas baru pada ujung tanaman. Pada akar tanaman mengalami kerontokan. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* tidak mengalami penambahan perubahan warna kuning dan megering pada daun tanaman. perubahan terjadi di 3 helai pada 1 tanaman, 2 helai pada tanaman yang ke 2 dan 3 helai pada tanaman yang ke 3. Akar tanaman mengalami kerontokan. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* mengalami penambahan perubahan pada warna daun dengan munculnya warna coklat pada setengah jumlah tanaman yang digunakan. Perubahan warna daun terjadi pada pangkal sampai ujung tanaman. Selain itu tanaman mengalami kerontokan pada akar dan daun tanaman. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* tidak mengalami penambahan yang signifikan dari hari sebelumnya. Perubahan terjadi deseluruh jumlah tanaman yaitu 6 helai di 1 tanaman, 4 helai daun di tanaman ke 2, dan 3 helai daun di tanaman yang ke 3. Akar tanaman mengalami kerontokan. Sampel air tanah mengandung besi (Fe) bening, Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC				

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hari ke-11	Kondisi air tanah sedikit berwarna kuning, tidak memiliki bau yang menyengat. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 33 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* mengalami penambahan Kerusakan pada daun tanaman sekitar setengah dari jumlah tanaman yang digunakan berubah warna coklat pada daun dari pangkal hingga ujung daun. Selain itu sebagian tanaman masih mampu memproduksi dengan baik dengan munculnya tunas baru pada ujung daun. Terjadi kerontokan pada akar karena tanaman telah terkontaminasi oleh zat pencemar. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami penambahan perubahan warna kuning dan mengering di 5 helai daun tanaman. sedangkan pada daun lainnya masih baik dengan warna hijau dan segar. Akar tanaman mengalami kerontokan. Kondisi sampel air tanah mengandung besi (Fe) bening. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 33 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* tidak mengalami perubahan yang signifikan. Timbulnya bercak coklat pada daun kurang lebih setengah dari jumlah tanaman yang digunakan. Yang disebabkan tanaman telah terkontaminasi oleh besi (Fe). Perubahan warna pada daun terjadi pada pangkal dan ujung daun tanaman, selain itu terjadi kerontokan pada daun dan akar tanaman karena tanaman telah terkontaminasi oleh zat pencemar. Sedangkan kondisi tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami penambahan perubahan warna kuning dan megering pada daun tanaman. perubahan terjadi di 4 helai pada 1 tanaman, 4 helai pada tanaman yang ke 2 dan 4 helai pada tanaman yang ke 3. Akar tanaman mengalami kerontokan. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 33 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* mengalami perubahan pada warna daun dengan berubahnya daun hijau menjadi warna coklat dan membusuk. Perubahan disebabkan karena zat pencemar masuk kedalam sel jaringan tanaman. Perubahan terjadi hampir disemua tanaman yang digunakan. Perubahan warna daun terjadi pada pangkal sampai ujung tanaman. Selain itu tanaman mengalami kerontokan pada akar dan daun tanaman. begitu pula dengan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami penambahan perubahan setiap harinya. Perubahan terjadi deseluruh jumlah tanaman yaitu 7 helai di 1 tanaman, 5 helai daun di tanaman ke 2, dan 5 helai daun di tanaman yang ke 3. Akar tanaman mengalami kerontokan Sampel air tanah mengandung besi (Fe) bening, Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 30 ºC, suhu lingkungan sebesar 33 ºC				

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hari ke-12	Kondisi air tanah sedikit berwarna kuning, tidak memiliki bau yang menyengat, Volume sampel air tanah mengandung besi (Fe) mengalami penurunan kurang lebih 200 ml. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* mengalami penambahan kerusakan pada daun tanaman kerusakan terjadi pada seluruh jumlah tanaman yang digunakan dengan munculnya warna coklat pada bagian pangkal sampai ujung daun. munculnya warna coklat diakibatkan karena logam berat besi telah tersebar ke jaringan sel daun. Terjadi kerontokan pada akar tanaman. Sedangkan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* terjadi penambahan warna kuning dan mengering di 7 helai daun tanaman. sedangkan pada daun lainnya masih baik. Akar tanaman mengalami kerontokan karena tanaman telah terkontaminasi zat pencemar dan menunjukkan gejala klorosis. Volume sampel air tanah mengandung besi (Fe) mengalami penurunan kurang lebih 200 ml. Sedangkan warna air tidak mengalami perubahan signifikan. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.5 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* terjadi perubahan warna daun menjadi coklat kurang lebih hampir semua jumlah tanaman yang digunakan. munculnya warna coklat pada bagian pangkal sampai ujung daun disebebkan tanaman terkontaminasi zat pencemar yang masuk ke jaringan daun, selain itu terjadi kerontokan pada daun dan akar tanaman dan pembusukan pada tanaman. perubahan kondisi tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* terjadi penambahan perubahan warna kuning dan megering pada daun tanaman. Perubahan terjadi di 5 helai pada 1 tanaman, 5 helai pada tanaman yang ke 2 dan 6 helai pada tanaman yang ke 3. Terjadi pembusukan pada daun yang menguning dan kerontokan karena tanaman telah terkontaminasi zat pencemar dan menunjukkan gejala klorosis. pada akar tanaman. Volume sampel air tanah mengandung besi (Fe) mengalami penurunan kurang lebih 200 ml. Keadaan air sampel tidak mengalami perubahan yang signifikan. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.5 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC	Kondisi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* terjadi perubahan warna daun dari hijau menjadi warna coklat dan beberapa tanaman membusuk. Muncul warna coklat terjadi pada seluruh tanaman yang digunakan dari oangkal sampai ke ujung tanaman sedangkan pembusukan terjadi seperempat dari jumlah tanaman. Selain itu tanaman mengalami kerontokan pada akar dan daun tanaman. Kondisi tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* terjadi perubahan setiap harinya. Perubahan terjadi deseluruh jumlah tanaman yaitu 9 helai di 1 tanaman, 6 helai daun di tanaman ke 2, dan 5 helai daun di tanaman yang ke 3. Akar tanaman mengalami kerontokan karena tanaman telah terkontaminasi zat pencemar dan menunjukkan gejala klorosis. Volume sampel air tanah mengandung besi (Fe) mengalami penurunan kurang lebih 200 ml. Keadaan air sampel tidak mengalami perubahan yang signifikan. Sedangkan untuk data pendukung pH air sebesar 8.6 dan suhu air 29 ºC, suhu lingkungan sebesar 31 ºC				

Sumber : Hasil Penelitian 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4. 3 Kondisi Morfologi Tanaman Sebelum dan Sesudah Perlakuan

Morfologi Tanaman	Sebelum Perlakuan			Setelah Perlakuan		
	Reaktor 1 (75:25)	Reakor 2 (150:150)	Reaktor 3 (25:75)	Reaktor 1 (75:25)	Reakor 2 (150:150)	Reaktor 3 (25:75)
Panjang Akar (cm) Kiambang *(Salvinia molesta M)* Kayu apu *(Pistia stratiotes L)*	6 – 7,5 21	6 – 7,5 16 – 20	6 – 7,5 16,6 – 21	6,3 – 8,4 18,4	6 – 7,1 16,1 – 21,4	6 – 6,9 12,4 – 17,1
Jumlah Daun Kiambang *(Salvinia molesta M)* Kayu apu *(Pistia stratiotes L)*	17 – 45 21	17 – 45 20 – 23	17 – 45 20 – 23	15 – 59 35	20 – 38 29 – 32	13 – 40 29 – 33
Warna Fisik Daun Kiambang *(Salvinia molesta M)* Kayu apu *(Pistia stratiotes L)*	Berwarna hijau dan segar Berwarna hijau dan segar	Berwarna hijau dan segar Berwarna hijau dan segar	Berwarna hijau dan segar Berwarna hijau dan segar	Daun mengalami kerusakan dengan munculnya warna coklat Daun menguning dan mengering pada ujung – ujungnya	Daun mengalami kerusakan dengan munculnya warna coklat Daun menguning dan mengering pada ujung – ujungnya	Daun mengalami kerusakan dengan munculnya warna coklat Daun menguning dan mengering pada ujung – ujungnya
Berat Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* Kayu apu *(Pistia stratiotes L)*	225 75	150 150	75 225	171 62	110 192	59 220

Sumber : Hasil Penelitian 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Adapun pengamatan yang telah dilakukan pada tanaman kiambang *(Salvinia molesta M*) dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* pada proses fitoremediasi dapat dilihat pada **Tabel 4.2** dan perubahan morfologi tanaman sebelum dan sesudah perlakuan dapat dilihat pada **Tabel 4.3**. Adapun pengamatan yang dilakukan pada tanaman kiambang *(Salvinia molesta M*) dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* selama proses fitoremesiasi yakni terjadi perubahan warna dari hijau menjadi warna coklat dan membusuk. Tanaman kiambang *(Salvinia molesta M*) mengalami kerusakan pada kelompok perlakuan reaktor 1, 2 dan raktor 3 pada hari ke 5 sampai hari ke 12. Terjadinya perubahan warna pada tanaman kiambang *(Salvinia molesta M*) karena tanaman menyerap pencemar yang ada di dalam air limbah (Aka, 2017). Selain itu faktor lain yang mempengaruhi perubahan tersebut disebabkan tingginya suhu lingkungan pada hari sebelumnya (Hibatuallah, 2019).

Pada saat proses fitoremediasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M*) mengalami kerontokan pada daun dan terjadi pembusukan, selain itu terjadinya kerontokan pada tanaman hal ini bisa saja disebabkan karena tanaman telah terkontaminasi dengan logam besi (Fe). Pada penelitian yang telah dilakukan (Oktavia, 2016) menyatakan terjadinya kerontokan pada daun dan pembusukan, hal ini disebabkan karena logam berat sudah masuk kedalam tubuh tanaman dan akan dibuang dengan cara menggugurkan daun yang sudah tua sehingga nantinya dapat mengurangi kadar logam, sedangkan kerontokan pada akar tanaman karena akibat penurunan metabolisme yang disebabkan oleh penyerapan ion logam secara berlebih. Penyebab kerusakan yang terjadi pada daun bisa disebabkan karena tanaman mengalami gejala klorosis dan nekrosis. Menurut (Widiarso, 2011 dalam Nurlina, 2016) gejala klorosis dapat terjadi jika logam berat menghambat enzim yang mengkatalis sintesis klorofil, sedangkan nekrosis merupakan kematian sel jaringan atau organ tumbuhan sehingga timbul bercak, bintik atau noda. Perubahan fisik pada tanaman selaras dengan penelitian yang dilakukan (Nurfitriani,2019) dalam menurunkan timbal (Pb) dimana pada tanaman kiapu *(Pistia stratiotes L)* mengalami perubahan fisik ditandai dengan kondisi daun yang berubah warna kekuningan lalu kering dan akhirnya mati. Sedangkan selain terjadinya perubahan warna yang terjadi pada daun, tanaman mengalami pertumbuhan dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

munculnya tunas baru pada ujung tanaman. Tumbuhnya tunas baru pada tanaman sama halnya dengan penelitian yang dilakukan (Hibatuallah,2019) munculnya tunas baru karena tanaman melakukan proses produksi secara vegetatif dengan cara memperbanyak diri oleh batang yang rapuh yang kemudian pecah (Barret (1989) dalam Hibatuallah (2019)).

Tanaman kiambang *(Salvinia molesta M*) dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* merupakan tanaman hiperkumulator yang memiliki kemampuan dalam menyerap dan menurunkan kontaminan zat pencemar yang ada di air. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan (Hibatuallah, 2019) tanaman kiambang *(Salvinia molesta M*) mampu meremoval kandungan amoniak, BOD, COD yang ada didalam limbah domestik. Pengolahan secara fitoremediasi menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M*) juga dilakukan oleh (Oktavia, 2016) dimana tanaman tersebut mampu menurunkan kadar logam kadmium (Cd) pada limbah cair *home industry* batik. Selain itu tanaman kiambang *(Salvinia molesta M*) mampu menurunkan COD, amonia, nitrit dan nitrat pada limbah cair domestik *(Grey Water)* sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Pribadi, 2016). Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Yuliani 2013) menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M*) mampu menurunkan kadar logam berat tembaga (Cu) selama 21 hari.

Adapun pengamatan yang dilakukan pada tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* selama proses fitoremediasi, yakni terjadi perubahan fisik tanaman yang ditandai dengan berubahnya kondisi daun menjadi kekuningan lalu kering dan akhirnya mati. Selain perubahan yang terjadi pada daun, akar tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami kerontokan. Tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L*) mengalami perubahan dan kerusakan pada kelompok perlakuan reaktor 1, 2 dan raktor 3 pada hari ke 4 sampai hari ke 12. Penyebab terjadinya perubahan pada kayu apu *(Pistia stratiotes L)* karena tanaman melakukan waktu kontak dengan zat pencemar besi (Fe) sehingga tanaman uji mengalami gejala klorosis. Menurut (Nurfitriani, 2019) klorosis merupakan keadaan jaringan tumbuhan pada daun yang mengalami kerusakan atau gagalnya pembentukan klorofil, sehingga daun tidak berwarna hijau melaikan berubah warna menjadi kuning dan pucat. Selain

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kerontokan yang terjadi pada akar, kontak langsung besi (Fe) dengan tanaman uji menyebabkan perubahan pada warna daun yang menjadikan indikasi penurunan tingkat klorofil yang terdapat pada daun. Penyebab lain terjadinya kerusakan pada tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* karena konsentrasi yang pekat dari zat pencemar telah masuk kedalam jaringan sel dalam daun, sedangkan ketersedian unsur hara pada air sangat terbatas (Utami, 2017)

Tanaman kiamabang *(Salvinia molesta M)* maupun kayu apu *(Pistia stratiotes L)* memiliki kemampu dalam mengurangi kandungan logam berat yang ada dalam air. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan tanaman tersebut memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar logam berat tinggi. Seperti halnya pada penelitian yang dilakukan (Nurfitriani, 2019) tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mampu menyerap dan meremoval kandungan logam berat timbal (Pb) pada air. Pengolahan menggunakan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* yang telah dilakukan (Tania, 2010) mampu menurunkan kandungan logam berat seng (Zn) dan tembaga (Cu) pada air. Tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* merupakan tanaman hiperkumulator karena memiliki kemampuan dalam menyerap logam berat sesuai dengan penelitan yang dilakuakan (Puspita, 2015) yang mana tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mampu menurunkan logam berat (Fe, Cd, Cu, dan Pb) dengan menggunakan variasi waktu.

Data pendukung yang digunakan selama 12 hari pada proses fitoremediasi diantaranya seperti Ph air, suhu air dan suhu lingkungan. Pada reaktor kontrol pH air berkisar antara 7.7 – 8.6 untuk suhu air berkisar antara 27 – 30 ºC dan suhu lingkungan 30 – 33 ºC. Sedangkan pada reaktor 1, 2, dan 3 pH air memiliki nilai antara 7.8 – 8.6 dengan suhu air rata – rata disetiap reaktor berkisar antara 27 – 30 ºC dan suhu lingkungan antara 30 – 33 ºC. Berdasarkan (Hibatuallah, 2019) menyatakan bahwa tanaman akan tumbuh secara optimal pada suhu 20 – 30 ºC. Berdasarkan pengamatan pH air mengalami kenaikan bahkan penurunan hal ini bisa disebabkan karena faktor lingkungan seperti cuaca dan temperatur. Nilai pH pada suatu lingkungan berkaitan erat dengan kandungan karbondioksida dilingkungan, semakin tinggi nilai pH maka semakin rendah kadar karbondioksida didalam air (Sata, 2018).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada **Tabel 4.3** dapat dilihat bahwa tanaman mengalami perubahan secara morfologi. Perubahan yang terjadi baik dari akar, jumlah daun, warna fisik daun, dan berat tanaman. Panjang akar tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* pada awal penelitian memiliki rata – rata 6 – 7,5 cm. Panjang akar tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* mengalami kerontokan pada reaktor 2 dan 3 sehingga menyebabkan akar menjadi lebih pendek dari awal penelitian 6 – 7,5 menjadi 6 – 7,1 cm. Sedangkan pada reaktor 1 panjang akar bertambah menjadi 7,5 – 8,4 cm. Panjang akar tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* pada awal penelitian memiliki rata – rata 16 – 21 cm. Panjang akar tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami kerontokan pada reaktor 1 dan 3 sehingga menyebabkan akar menjadi lebih pendek dari awal penelitian 16 – 21 menjadi 12,4 – 18,4. Sedangkan pada reaktor 2 panjang akar tanaman mengalami penambahan menjadi 20 – 21,4 cm. Selain pada akar tanaman perubahan terjadi pada jumlah daun tanaman. Jumlah daun tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* pada reaktor 2 dan 3 mengalami penurunan 13 – 40 lembar dari awal penelitian sebanyak 17 – 45 lembar. Serta terjadi penambahan jumlah daun pada reaktor 1 menjadi 45 – 59 lembar.

Berat tanaman juga mengalami perubahan dimana berat tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* awal penelitian berturut – turut sebesar 225 gram, 150 gram,75 gram mengalami perubahan berat menjadi 171 gram, 110 gram, 59 gram. Sedangkan berat tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* awal penelitian berturut – turut sebesar75 gram, 150 gram, 225 gram menjadi 62 gram, 192 gram menjadi 220 gram. Berkurangnya berat tanaman disebabkan karena rontoknya akar dan mengeringnya tanaman karena proses klorosis, dimana jaringan tumbuhan khususnya pada daun tanaman mengalami kerusakan sehingga tanaman tidak memiliki warna hijau melaikan warna kuning pucat bahkan mengering (Nurfitriani, 2019). Pada reaktor 2 berat tanaman mengalami peningkatan. Peningkatan berat basah disebabkan karena akar – akar tanaman mampu menyerap dengan baik pada zat pencemar yang mengandung nutrisi dan menyimpan ke dalam jaringan tanaman untuk proses metabolisme yang digunakan untuk memperbanyak sel pada tumbuhan (Lutfiana, 2014). Adapun dokumentasi pada penelitian dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.3 Kemampuan Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* Dan Tanaman Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Terhadap Penurunan Besi (Fe)

Pada penelitian ini dilakukan proses fitoremediasi dengan sistem *batch* dengan menggunakan variasi kombinasi dua tanaman yaitu tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)*. Kandungan logam berat besi (Fe) sering dijumpai dalam perairan. Karena logam besi (Fe) adalah logam essensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, akan tetapi dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan efek yang buruk yaitu keracunan (Endrawati, 2015). Pada umumnya besi yang ada di dalam air dapat bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} *(ferro)* atau tidak terlarut sebagai Fe^{3+} *(ferri)*. Oleh sebab itu perlunya pengolahan untuk menurunkan kandungan besi (Fe) didalam air menggunakan tanaman. Karena pada dasarnya tanaman memiliki tingkat sensitifitas terhadap logam berat. Kemampuan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* dalam menyerap dan mengakumulasi logam berat besi (Fe) pada air tanah. Penurunan konsentrasi besi pada air tanah dapat dilihat pada **Tabel 4.4** dan **Gambar 4.1**

Tabel 4. 4 Kemampuan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* terhadap removal besi (Fe)

Perlakuan	Kadar Fe (mg/L)			
	Hari ke- 0	Hari ke- 4	Hari ke- 8	Hari ke- 12
Kontrol	0.657 mg/l	1.23 mg/l	0.79 mg/l	0.47 mg/l
Reaktor 1	0.657 mg/l	0.98 mg/l	0.57 mg/l	0.30 mg/l
Reaktor 2	0.657 mg/l	1.77 mg/l	0.83 mg/l	0.06 mg/l
Reaktor 3	0.657 mg/l	1.23 mg/l	0.54 mg/l	0.49 mg/l

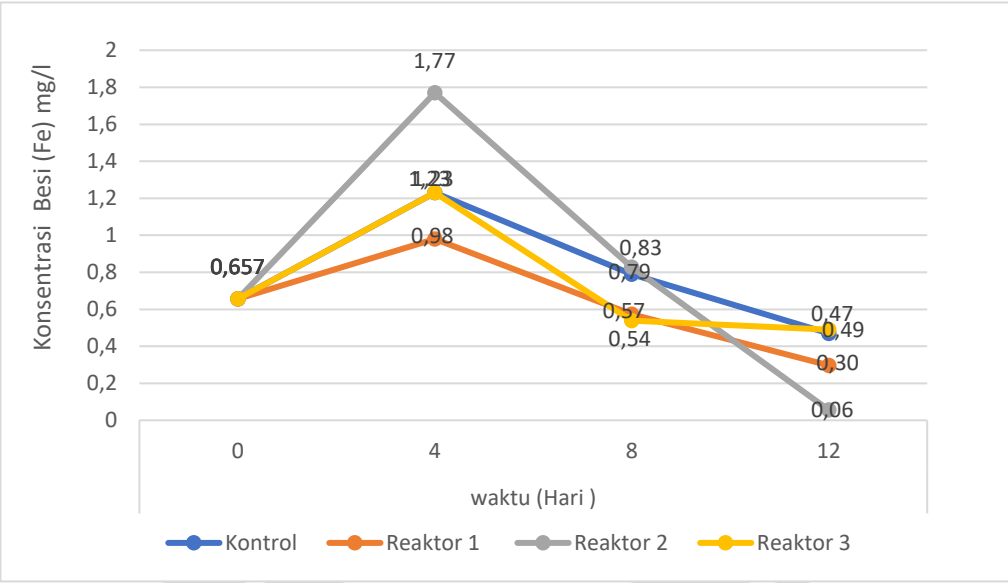
Sumber : Hasil analisa, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan **Tabel 4.4** merupakan hasil yang didapatkan pada saat penelitian dalam meremoval besi (Fe) pada reaktor kontrol dan reaktor 1, 2 dan 3 dengan menggunakan variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)*. Konsentrasi besi (Fe) pada reaktor kontrol pada awal penelitian sebesar 0.657 mg/l kemudian pada pengambilan H_4 konsentrasi besi (Fe) mengalami kenaikan menjadi 1.23 mg/l. Kemudian pada pengamatan yang dilakukan pengambilan H_8 konsentrasi besi (Fe) mengalami penurunan yaitu 0.79 mg/l dan H_{12} terjadi penurunan sebesar 0.47 mg/l. Sedangkan pada kelompok perlakuan pada reaktor 1, 2 dan 3 pada awal penelitian didapatkan konsentrasi besi (Fe) sebesar 0.657 mg/l kemudian pada pengambilan H_4 konsentrasi besi (Fe) mengalami kenaikan disemua kelompok perlakuan reaktor 1, 2 dan 3 secara berurutan yaitu 0.98 mg/l, 1.77 mg/l, dan 1.23 mg/l. Selanjutnya pada pengambilan H_8 konsentrasi besi (Fe) pada reaktor 1, 2 dan 3 mengalami penurunan menjadi 0.57 mg/l, 0.83 mg/l, dan 0.54 mg/l. Penurunan konsentrasi besi (Fe) juga terjadi pada pengambilan H_{12} yang dimana konsentrasi besi (Fe) menjadi 0.30 mg/l, 0.06 mg/l dan 0.49 mg/l.

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan dalam menurunkan konsentrasi besi (Fe) menggunakan variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* pada reaktor 1 dan reaktor 2 telah memenuhi baku mutu sesuai peraturan menteri Republik Indonesia Nomer/492/Menkes/per/IV/2010 akan tetapi pada reaktor 3 konsentrasi besi (Fe) masih diatas baku mutu. Untuk mengetahui removal besi (Fe) menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* dapat dilihat pada **Gambar 4.1.**

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4. 1 Kemampuan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* terhadap penurunan besi (Fe)

Sumber : Hasil analisa, 2020

Hasil pengamatan yang telah dilakukan sesuai **Gambar 4.1** didapatkan bahwa pada awal penelitian konsentrasi besi (Fe) sebesar 0.657 mg/l kemudian pada H_4 terjadi kenaikan pada semua reaktor baik reaktor kontrol, reaktor 1, 2 dan reaktor 3. Kenaikan konsentrasi besi (Fe) dapat disebabkan karena rendahnya pH air dan suhu air dalam reaktor (Pribadi, 2016). Kenaikan dan penurunan pH dalam air disebabkan oleh aktivitas biokimia mikroorganisme yang terdapat pada media air dan akar tanaman. Sedangkan kenaikan suhu akan menigkatkan metabolisme perairan, namun juga dapat meningkatkan toksisitas logam berat diperairan (Sukoasih, 2016). Pada penelitian ini pH air yang ada dalam reaktor berkisar antara 7.7 – 8.3 sedangkan suhu air antara 27 – 30 ºC. Pada penelitian (Bonny, 2017) menyatakan tingginya konsentrasi besi (Fe) dalam air disebabkan karena pH air, pH air < 7 dapat melarutkan logam termasuk besi sedangkan pada pH >7 kelarutan besi (Fe) sangat kecil. Peningkatan pH air pada saat perlakuan bisa disebabkan karena proses biologis yang terjadi pada interaksi tanaman dengan lingkungannya. Tanaman air yang mengambang pada reaktor menyebabkan kondisi lingkungan menjadi anaerob. Hal ini akan menyebabkan konsentrasi CO_2 pada lingkungan meningkat. pH air dapat dipengaruhi CO_2, tanaman akan mengambil CO_2 dari air

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

selama proses fotosintesis sehingga mengakibatkan pH air meningkat (Cholik, 1991). CO_2 dapat mempengaruhi nilai pH dan mempengaruhi bikarbonat dimana bikarbonat akan meningkat ion H^+ sehingga pH akan meningkat (Madaniyah, 2016). Kemudian tingginya temperatur air akan meningkatkan drajat korosif, serta adanya gas -gas (O_2, CO_2, H_2S) yang bersifat korosif.

Selain itu kenaikan konsentrasi besi (Fe) pada H_4 di reaktor 1, 2 dan 3 bisa disebabkan karena tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mengalami fase penyesuaian diri sehingga tanaman hanya menyerap zat pencemar yang terkandung dalam air secara berlebihan dan mengakibatkan tanaman mengalami kejenuhan sehingga penyerapan zat pencemar tidak maksimal (Rido, 2013). (Nurfitriani, 2019) Menyatakan kejenuhan yang terjadi pada tanaman akan mengakibatkan ketidak mampuan suatu tanaman dalam menyerap logam besi (Fe) yang menyebabkan pelepasan kembali logam berat yang telah diserap ke lingkungan (Yuliani, 2019). Berdasarkan (Novita et al, 2019) dalam sel tanaman, kandungan logam berat yang berlebih dapat memodifikasi permeabilitas membran plasma yang dapat menyebabkan kebocoran ion dan zat terlarut. Selain itu, kandungan logam berat yang berlebih akan membentuk radikal bebas yang dapat merusak beberapa komponen sel tanaman dan akan berdampak pada zat klorofil tanaman. Sebagian dapat menyebabkan penghambatan enzim dan sintesis klorofil yang dapat mengurangi kandungan klorofil pada tanaman.

Meskipun pada H_4 tanaman mengalami kejenuhan, pada H_8 sampai H_{12} tanaman telah melewati titik jenuh hal ini ditandai dengan menurunnya konsentrasi besi (Fe) pada reaktor. Hal serupa terjadi pada penelitian yang dilakukan (Nurfitri, 2010) terdapat beberapa titik jenuh pada tanaman yang di mana pada hari ke 3 sebesar 0,006 mg/l kemudian pada hari ke 5 menjadi 0,007 mg/l dan hari ke 10 menjadi 0,009 serta terjadi penurunan di hari ke 10. Terjadinya kejenuhan pada tanaman terjadi pada penelitian yang dilakukan (Nurlina, 2016) dimana pada penurunan besi (Fe) pada awal penelitian sebesar 767.75 ppm kemudian pada hari ke 7 mengalami kenaikan 1747.065 ppm dan terjadi penurunan pada hari ke 14 menjadi 625.395 ppm, kenaikan disebabkan karena terjadinya kejenuhan tumbuhan dalam mengakumulasi logam berat. Dari hasil pengamatan menunjukan terjadinya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

penurunan konsentrasi besi (Fe) pada H_8 sampai hari terakhir yaitu H_{12}. Penurunan konsentrasi besi (Fe) terjadi disemua reaktor baik reaktor kontrol dan reaktor 1, 2 dan 3. Penurunan konsentrasi besi (Fe) didegradasi oleh mikroorganisme perairan, hal ini terbukti pada kontrol juga terjadi penurunan besi (Fe).

Penurunan tertinggi konsentrasi besi (Fe) dari semua reaktor yang digunakan, terjadi pada reaktor 2 yaitu sebesar 0,06 mg/l pada H_{12}. Tingginya penurunan konsentrasi besi (Fe) pada H_{12} karena tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* masih mampu menyerap logam berat (Fe) meskipun telah melewati titik jenuh pada tanaman. Terjadinya penurunan konsentrasi besi (Fe) pada penelitian ini, serupa dengan penelitian yang dilakukan (Virendra, 2008) menggunakan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* dalam menghilangkan konsentrasi merkuri dalam limbah batu bara mampu menurunkan konsentrasi merkuri dengan efisiensi penurunan sebesar 80% dalam waktu 21 hari. Selain itu (Yuliani, 2013) menyatakan bahwa semakin banyak jumlah tanaman yang digunakan maka semakin besar pula konsentrasi zat pencemar yang terserap oleh akar tanaman. Pada peneitian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa penurunan konsentrasi menujukkan bahwa tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* merupakan tanaman hiperkumulator yang mampu menyerap zat pencemar logam berat besi (Fe) yang ada di dalam air (Nurfitriani, 2019).

Penurunan konsentrasi besi (Fe) pada air disebabkan karena tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* menyisihkan kontaminan yang ada pada air dengan proses metabolisme dan menggunakan akar. Proses metabolisme mencakup proses fitosintesis. Pada proses fitosintesis menghasilkan oksigen (O_2) yang kemudian akan masuk kedalam air dan mengoksidasi senyawa organik serta meningkatkan kandungan oksigen kedalam air (LBN-LIPI, 1981). Cahaya matahari memiliki peran penting terhadap pertumbuhan tanaman. Dalam meremoval zat kontaminan pada air tercemar dibutuhkan bantuan sinar matahari. Sumber cahaya yang cukup berkaitan erat dengan fotosintesis tanaman, dimana tanaman mengolah sumber makanan dengan menggunakan cahaya matahari, hal tersebut sangat mempengaruhi proses tanaman dalam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

meremoval zat kontaminan. Karena pada saat terjadi fotosintesis tanaman mengubah bahan anorganik menjadi karbohidrat (Nurfitriani, 2019). Selain hal tersebut (Rolli et al, 2013) menyatakan bahwa konsentrasi besi (Fe) rendah pada tanaman dapat meningkatkan proses sintesis karbohidrat. Kandungan karbohidrat dalam tanaman akan meningkat ketika konsentrasi besi (Fe) yang terkandung lebih rendah. Karbohidrat dapat terhambat karena konsentrasi besi (Fe) terjadi peningkatan pada tanaman karena toksisitas besi meningkat, sehingga kandungan logam berat dapat merusak komponen tanaman yang terlibat dalam proses fotosintesis.

Tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* dapat menyerap logam berat dan nutrisi disekitarnya bersama dengan air secara osmosis. Tanaman menyerapan kontaminan yang ada di air dengan bantua mikroorganisme yang ada pada air. Menurut (Lines-Kelly, 2005) rizosfir merupakan lingkungan dalam air atau tanah disekeliling akar suatu tanaman dimana aktivitas kimia dan biologinya dipengaruhi oleh akar secara langsung. Berdasarkan (Gadd, 2010) menyatakan keberadaan mikroba pada akar tanaman memiliki peran penting dalam menentukan kelarutan, mobilitas, dan ketersediaan logam bagi tumbuhan melalui pengubahan pH di lingkungan mikro tanah, spesiasi logam, dan pengeluaran *(exretion)* senyawa pengkhelat logam. Bakteri *rizosfere* yang ada dalam akar tanaman akan mengurungai kandungan senyawa organik dan anorganik (Rahadian, 2017). Kandungan garam – garam mineral dan air akan diakut melalui penyerapan sel – sel akar. Kemudian zat terlarut akan diangkut secara vertikal melalui xilem dari akar ke daun. Kemudian dibawah keseluruh bagian tumbuhan oleh jaringan tanaman yaitu floem. Oleh sebab itu berat segar tanaman akan meningkat dan konsentasi besi (Fe) dalam media (air) akan berkurang seiring dengan meningkatnya konsentrasi besi (Fe) pada tanaman (Baroroh, 2018). Interaksi antara tanaman dengan sejumlah besar mikroorganisme yang berbeda dalam tanah, dapat menjadi penentu utama keberhasilan proses fitoremediasi.

Penyerapan logam berat besi (Fe) oleh tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* dapat dipengaruhi karena kekurangan nutrisi pada tumbuhan. (Hoffman, 2011) pada tanaman yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kekurangan kandungan nutrisi dan air dapat mempengaruhi penyerapan polutan. Kemudian kerusakan pada membran sel yang dapat menyebabkan strees pada tanaman. kekurang nutrisi pada tanaman dapat mengganggu proses fitosintesis dan metabolisme dan membahayakan pertahanan sistem antioksidan tanaman berkurang (Shen, 2016). Pertumbuhan yang cepat pada tanaman memiliki keterkaitan dengan produksi yang cepat pada proses fotosintesis dalam sel tanaman yang diatur oleh nutrisi makro dan mikro (Vinod, 2019). Sistem penyerapan tanaman dalam mengurangi kontaminan yang ada di tanah dan air dapat dilakukan penyerapan oleh akar dan akan disalurkan ke jaringan tanaman dan sebagian air akan menguap. Berdasarkan (Yuliana, 2017) mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan melalui tiga cara, yaitu melalui penyerapan oleh akar, selanjutnya dengan proses traslokasi logam berat dari akar ke bagian lain tumbuhan oleh jaringan pengangkut xylem dan floem, lokalisasi bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tanaman tersebut. Tanaman juga dapat menguapkan sejumlah uap air. Penguapan dapat mengakibatkan migrasi bahan kimia.

Menurut (Hardiani (2008) dalam Permadi (2019)) untuk mencegah terjadinya peracunan logam terhadap sel tanaman memiliki mekanisme detokifitasi dengan cara menimbun logam didalam batang tepatnya di dalam (jaringan sklerenkim). Yang mana jaringan sklerenkim memiliki fungsi untuk menjaga aktivitas tanaman dari faktor lingkungan. Mekanisme yang dilakukan jaringan sklerenkim yaitu menyerap zat polutan oleh akar kemudian akan diakumulasi oleh sklerenkim karena jaringan ini memiliki kandungan silikat sehingga zat polutan tidak mempengaruhi bagian – bagian tumbuhan yang lain.

Tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* memiliki kemampuan dalam menurunkan logam berat besi (Fe) dalam air. Hal ini dapat dilihat pada semua reaktor yang digunakan mengalami pemurunan konsentrasi besi (Fe). Penurunan kontaminan logam berat besi (Fe) yang ada pada air selain diserap oleh tanaman dapat disebabkan karena terjadi proses oksidasi pada besi (Fe). Berdasarkan (Sutrisno, 2010) menyatakan besi (Fe) pada perairan bersifat redoks, pembentukan kompleks dan metabolisme oleh mikroorganisme. Pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

umumnya, besi (Fe) yang ada didalam air bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} *(ferro)* atau Fe^{3+} *(ferri).* Air tanah yang mengandung Fe^{2+} mempunyai sifat unik. Jika air tanah dipompakan keluar dan kontak dengan udara (oksigen) maka besi Fe^{2+} akan teroksidasi menjadi Fe^{3+} *(ferri)* tersuspensi yang mudah mengendap didalam air. Hal ini disebabkan karena adananya bakteri besi *(Crenothrix* dan *Gallionella)* yang memanfaatkan besi ferro (Fe^{2+}) sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya dan mengendapkan ferrihidroksida (Febrina, 2014). Bakteri menyerap zat besi pada air untuk memenuhi kebutuhan nutrisi. Bakteri memanfaatkan zat besi seperti protein, dan chelator besi dengan berat molekul rendah disebut siderophores. Zat besi tersebut akan diangkut kedalam sel bakteri gram negatif melalui membran luar dan membran dalam (Karla, 2008). Apabila air yang mengandung besi dibiarkan tekena udara atau oksigen maka akan teroksidasi dan akan mengendap atau gumpalan koloid.

Pada penelitian ini reaktor 1 dan 2 konsentrasi besi (Fe) mengalami penurunan dibawah baku mutu, akan tetapi pada reaktor 3 konsentrasi besi masih diatas baku mutu. Hal ini dapat dipengaruhi beberapa faktor yaitu, (a) volume reaktor, (b) waktu tinggal padatan atau substrat, (c) kandungan oksigen dan lumpur, dan (d) jumlah tanaman yang digunakan dalam proses fitoremediasi (Sukoasih, 2016). Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Bonny, 2017) dalam meremoval logam berat besi (Fe) menggunakan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mampu meremoval kontaminan sebesar 25,73 mg/l dihari ke 14. Seperti yang dilakukan (Puspita, 2015) menggunakan tanaman air kayu apu *(Pistia stratiotes L)* untuk menurunkan logam berat (Fe, Cd, Cu dan Pb) tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* dapat menyerap dengan baik walaupun mengalami kenaikan pada minggu 1 akan tetapi rata – rata pada minggu ke 4 mengalami penurunan. Hal ini karena tanaman sudah melewati titik jenuh karena tanaman telah menyerap sebagian besar logam yang berada didalam air yang dimana semakin banyak logam yang diserap maka semakin banyak pula logam yang terakumulasi dalam jaringan tanaman yang menyebabkan kejenuhan pada tanaman sehingga penyerapan akan terlambat. Selain tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)*, tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* memiliki kemampuan dalam penyerapan logam berat, hal ini sesuai dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

penelitian yang dilakukan (Oktavia, 2016) penurunan logam berat kadmium (Cd) yang dilakukan selama 9 hari mengalami penurunan dari konsentrasi awal sebesar 0,540 mg/l menjadi 0,201 mg/l. Adapun data hasil uji laboratorium besi (Fe) terdapat pada **Lampiran 3.**

4.4 Efisiensi Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* Dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Terhadap Penyisihan Besi (Fe)

Efisiensi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* terhadap penyisihan besi (Fe) pada kelompok perlakuan menggunakan variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* pada reaktor kontrol, reaktor 1, 2 dan reaktor 3. Penyisihan besi (Fe) yang ada didalam air dilakukan selama 12 hari. Berikut merupakan tabel efisiensi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* terhadap penyisihan besi (Fe) yang disajikan pada **Tabel 4.5** dan **Gambar 4.2.**

Tabel 4. 5 Efisiensi (%) Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Terhadap Penyisihan Besi (Fe)

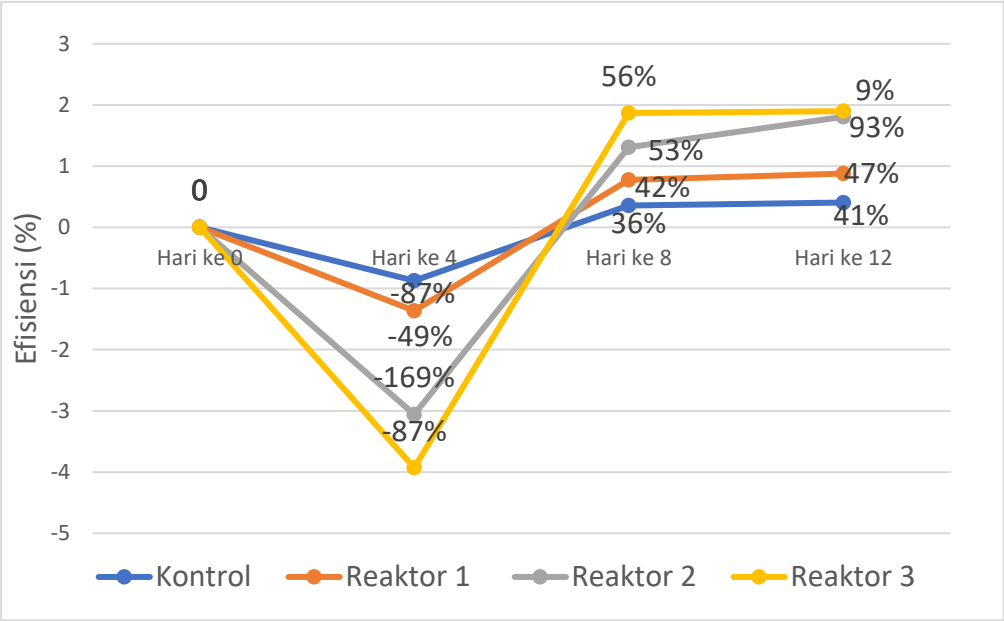
Efesiensi Removal Besi (Fe)							
Perlakuan	hari ke 0	Hari Ke 4		Hari Ke 8		Hari Ke 12	
		Nilai Penurunan besi	Efisiensi Removal (%)	Nilai Penurunan besi	Efisiensi Removal (%)	Nilai Penurunan besi	Efisiensi Removal (%)
Kontrol	0,657 mg/l	1,23 mg/l	-87%	0,79 mg/l	36%	0,47 mg/l	41%
Reaktor 1	0,657 mg/l	0,98 mg/l	-49%	0,57 mg/l	42%	0,30 mg/l	47%
Reaktor 2	0,657 mg/l	1,77 mg/l	-169%	0,83 mg/l	53%	0,06 mg/l	93%
Reaktor 3	0,657 mg/l	1,23 mg/l	-87%	0,54 mg/l	56%	0,49 mg/l	9%

Sumber : Hasil analisa, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan **Tabel 4.5** dapat diketahui efisiensi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* terhadap penyisihan besi (Fe) mengalami penurunan efisiensi sebesar -87% pada kontrol, dan - 49%, - 169%, - 87% pada reaktor 1, 2 dan reaktor 3 pada pengambilan H_4. Terjadinya penurunan efisiensi disebabkan karena naiknya konsentrasi besi (Fe) karena terjadi kejenuhan pada tanaman pada saat meremoval besi (Fe). Terjadinya penurunan efisiensi ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Permadi, 2019) pada proses fitoremediasi menggunakan bambu air untuk menurunkan timbal (Pb). Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan efisiensi sebanyak – 100% pada hari ke 9 dan hari 12. Penyebab turunnya efisiensi tersebut karena naiknya konsentrasi yang disebabkan oleh tanaman mengalami peristiwa depurasi yang mana tanaman mengalami titik jenuh penyerapan kontaminan sehingga tanaman tersebut melepas kembali kontaminan ke lingkungan. Selain dari penelitian tersebut hal sama terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh (Novita, 2019) pada proses fitoremediasi dalam meremoval TSS, Kekeruhan pada limbah cair limbah tempe. Efisisiensi kandungan TSS dan Kekeruhan yaitu – 1,05%, dan - 2,08% hal ini disebabkan oleh kemampuan dari tanaman dalam melakukan penyerapan dan transpirasi. Selain pada Tabel 4.5 untuk mengetahui efisiensi removal logam berat besi (Fe) menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* dapat dilihat pada **Gambar 4.2.**

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.2 Efisiensi (%) Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Terhadap Penyisihan Besi (Fe)

Sumber : Hasil analisa, 2020

Berdasarkan **Gambar 4.2** dari hasil pengamatan yang dilakukan efisiensi penyisihan besi (Fe) pada air tanah mengalami kenaikan. Kenaikan efisiensi terjadi pada H_8 dan H_{12}. Pada H_8 efisiensi penyisihan sebesar 36% pada kontrol 42%, 53%, 56% pada reaktor 1, 2 dan 3. Kenaikan efesiensi besi (Fe) terus terjadi sampai akhir penelitian, pada H_{12} efisiensi penyisihan besi (Fe) yang didapatkan sebesar 41% pada kontrol 47%, 93%, 9%, pada reaktor 1, 2 dan reaktor 3. Terjadinya kenaikan efesiensi penyisihan besi (Fe) karena terjadinya penurunan konsentrasi pada besi (Fe) yang diserap oleh tanaman. Kenaikan efisiensi penyisihan besi (Fe) pada saat proses fitoremediasi terjadi pada penilitian yang dilakukan (Mishra VK, 2009) menggunakan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* mampu menghilangkan kandungan merkuri sebanyak 80% pada air limbah tambang batu bara. Sedangkan dalam penelitian yang dilakukan (Oktavia, 2016) pada pengolahan limbah cair *home industry* batik dalam menurunkan kadmium (Cd). Efisiensi penyisihan kadmium (Cd) yang dilakukan selama 9 hari sebesar 58,8% pada kelompok perlakuan. Terjadinya penurunan efisiensi tersebut karena adanya proses penyerapan unsur logam berat Cd oleh akar tanaman. Air limbah yang mengandung

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

logam memiliki muatan positif untuk mengikat logam tersebut dengan cara objek yang bermuatan negatif. Terjadi penurunan efisiensi pada removal besi sesuai dengan yang dilakukan (Fitri et al, 2019) pada air lindi selama 7 hari mampu meremoval besi dengan efisiensi sebesar 20% hal ini karena tanaman yang digunakan pada penelitian ini memiliki kemampuan dalam meremoval besi (Fe) dan mampu bertahan pada limbah yang memiliki konsentrasi besi (Fe) tinggi.

Tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* dapat menyerap logam berat dengan cara mengakumulasi logam terbanyak pada akar tanaman dibandingkan dengan pucuk. Hal ini disebabkan karena akar tanaman adalah yang paling dekat dengan kontaminan yang ada didalam air. Penyerapan logam dapat dipengaruhi beberapa faktor seperti, ketersediaan kontaminan, kemampuan tanaman untuk menyerap logam, bioabsorpsi logam dalam sistem pucuk melalui zona akar, interaksi antara logam diair dengan endapan (Irfan, 2015).

Dari data yang diperoleh nilai efisiensi besi (Fe) tertinggi pada reaktor 2 sebesar 93% pada H_{12}. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Nurfitriani, 2019) pada air mengandung timbal (Pb), efisiensi penyisihan timbal (Pb) sebesar 93,1% pada hari ke 8. Penelitian ini juga selaras dengan penelitian yang dilakukan (Pribadi, 2016) dalam menyisihkan amoniak pada limbah cair domestik dengan sistem kontinyu, efisiensi yang didapatkan sebesar 75% dan 97% pada hari ke 9 dengan menggunakan tanaman kiambang. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan (Hibatuallah, 2019) pada limbah cair domestik menggunakan sistem *batch* pada perlakuan 10 dan 20 tanaman efisiensi penyisihan sebesar 100% pada hari ke 4.

4.5 Analisa Perbedaan Variasi Kombinasi Tanaman Kiambang *(Salvinia molesta M)* Dan Tanaman Kayu Apu *(Pistia stratiotes L)* Terhadap Penyisihan Besi (Fe)

Setelah dilakukan penelitian, hasil dari data yang diperoleh dilakukan uji menggunakan analisa statistik yaitu Kruskal Wallis. Statistik uji menggunakan uji Kruskal Wallis digunakan karena data penelitian yang diperoleh berdistribusi tidak

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

normal. Kruskal Wallis merupakan statistik uji untuk mempelajari perbedaan rata - rata lebih dari dua kelompok (Raharjo, 2018). Berikut merupakan tabel uji statistik menggunakan uji Kruskal Wallis pada variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu *(Pistia stratiotes L)* terhadap penyisihan besi (Fe) yang ditunjukkan **Tabel 4.6**

Tabel 4. 6 Hasil Uji Statistik Kruskal Wallis pada konsentrasi besi (Fe)

Test Statistic[a,b]

	Fe H0	Fe H4	Fe H8	Fe H12
Chi-Square	,000	5,777	6,452	5,425
Df	3	3	3	3
Asymp.Sig.	1,000	,123	,092	,143

Sumber : Hasil analisa, 2020

Berdasarkan **Tabel 4.6** menunjukkan bahwa hasil uji Kruskal Wallis didapatkan nilai signifikan p-value sebesar 1,000 pada (Fe H0), 0,123 pada (Fe H4), 0,092 pada (Fe H8), 0,143 pada (Fe H12) hasil tersebut >0,05, yang artinya H0 diterima atau **tidak ada perbedaan yang nyata (signifikan)** pada variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* dalam meremoval logam berat besi (Fe) pada reaktor 1, 2 dan 3. Hal ini terjadi karena sedikitnya variasi kombinasi tanaman yang digunakan untuk menurunkan besi (Fe) dalam air. Selain itu dapat disebabkan oleh range variasi tanaman dan waktu kontak pada penelitian yang dilakukan. Adapun tingkat kepercayaan kebenaran terhadap data yang didistribusikan sebesar 95% (α = 0,05).

Berdasarkan hasil uji pada penelitian ini dinyatakan tidak ada perbedaan yang nyata dalam menurunkan besi (Fe) dengan menggunakan variasi kombinasi dari kedua tanaman. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini serupa dengan penellitian yang yang dilakukan oleh (Permadi, 2019) menyatakan hasil uji Kruskal Wallis menunjukkan p-value sebesar 0,701 > α = 0,05 sehingga dapat disimpulkan tidak ada perbedaan yang signifikan dalam penyerapan timbal (Pb) dengan menggunakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

variasi tanaman bambu air. Hal ini disebakan karena sedikitnya variasi tanamanan yang digunakan yaitu 4 dan range dari variasi kombinasi tanaman serta variasi lama kontak air limbah sangat singkat (3, 6, 9, 12 hari). Pernyataan tersebut selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh (Margowati, 2016) bahwasanya dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh p-value sebesar (0,076) > α = 0,05 yang artinya H0 diterima atau tidak adanya perbedaan yang sighnifikan pada uji statistik COD sesudah dan sebelum perlakuan. Hal ini desebabkan karena pada penelitian tersebut menggunakan 3 variasi tanaman dan waktu penelitia yang singkat yaitu 3 hari. Sehingga data yang diperoleh sangat sedikit. Adapun langkah untuk melakukan uji statistik kruskal wallis dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Nilai efisiensi tertinggi pada penurunan konsentrasi besi (Fe) pada air tanah menggunakan variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* terdapat pada kelompok perlakuan reaktor 2 yaitu sebesar 93% pada H_{12}.
2. Berdasarkan hasil uji statistik Kruskal Wallis dalam penelitian ini tidak ada perbedaan yang nyata (signifikan) pada variasi kombinasi tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* dalam meremoval logam berat besi (Fe).

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini adalah :

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah volume air yang akan digunakan.
2. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan variasi jumlah tanaman yang lebih banyak dan juga variasi lamanya waktu tinggal.
3. Perlunya memperbesar range dari variasi kombinasi tanaman menggunakan tanaman kiambang *(Salvinia molesta M)* dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L)* pada penelitian selanjutnya agar data yang diperoleh lebih banyak dan sighnifikan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PU STAKA

Afandi, A. (2017). Analisis Kandungan Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur Galian Dan Air Mata Air Terhadap Kelayakannya Sebagai Air Sumur Di Susun Gelepung Desa Lenek Lauq Kecamatan Aikmel. Institut Agama Islam Negeri Mataram.

Ahmadlia, D. R. (2012). Pengaruh Luas Penutupan Kayu Apu *(Pistia Stratiotes L)* Terhadap Kualitas Kimia Dan Fisika Pada Berbagai Konsentrasi Limbah Cair Tahu. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim .

Aka, S. S. (2017). Penurunan Kadar Amonia Dalam Limbah Cair Oleh Tanmaan Air Typha Latifolia (Tanaman Obor). Universitas Syiah Kuala, Volume 4 No 3 .

Amalia, J. Y. (2016). Pengaruh Variasi Lama Waktu Kontak Dan Jumlah Tanaman Kayu Apu (Pistia Stratiotes) Terhadap Penurunan Kadar Cadmium (Cd) Limbah Cair Batik Home Industry "X" Di Magelang. Universitas Diponegoro, Jurnal Kesehatan Masyarakat Volume 4, Nomor 4, Oktober 2016 (Issn: 2356-3346).

Amrin, D. A. (2013). Analisa Besi (Fe) Dan Alumunium (Al) Dalam Tanah Lempeng Secara Spektrofotometri Serapan Atom. Universitas Negeri Padang .

Anggarani, D. R. (2018). Penurunan Kadar Fe Dan Kesadahan Pada Perusahaan Daerah Air Minum Dengan Fitoremediasi Tanaman Kiambang *(Salvinia Molesta).* Universitas Muhammadiyah Semarang.

Aprilia, E. K. (2009). Kualitas Air Pada Proses Pengolahan Air Minum Di Instalasi Pengolahan Air Minum Lippo Cikarang. Institut Teknologi Bandung.

Arba, H. N. (2017). Identifikasi Logam Besi (Fe) Pada Zonasi Radius 1-5 Km Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Antang Makassar Terhadap Pengaruh Kualitas Air Sumur Gali. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Ariyanti, A. (2011). Penurunan Kadar N-Total Dan P-Total Pada Limbah Cair Tahu Dengan Metode Fitoremediasi Aliran Batch Dan Kontiyu Menggunakan Tanaman *Hydrilla Verticillate.* Spectra Vol 10 (18) :9 - 14.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Asopa, B. R. (2017). Effect Of Cadmium On Physiological Parameters Of Cereal And Millet Plants-A Comparative Study. Int J Phyto Vol 19 Issue 13 225 - 230.

Baroroh, H. I. (2018). Fitoremediasi Air Tercemar Tembaga (Cu) Menggunakan Salvinia Molesta Dan Pistia Stratiotes Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Brassica Rapa . Universitas Brawijaya, Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan Vol 5 No 1 .

Bonny, L. I. (2017). Kemampuan Kayu Apu (Pistia Stratiotes L) Dalam Meremediasi Air Tercemar Logam Berat (Fe). Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Bunga, S. S. (2013). Fitoremediasi Limbanh Mengandung Timbal (Pb) Dan Nikel (Ni) Menggunakan Tanaman Kiambang *(Salvinia Molesta).* Universitas Diponegoro.

Chemistry, R. S. (2020). Periodic table of iron. https://www.rsc.org/periodic-table/element/26/iron.

Cholik, W. A. (1991). Pegolahan Kualitas Air Kolam Ikan.

Council, I. (. (2009). Phytotechnology Technical And Regulatory Guidance And Decision Trees, Revised. Phyto-3, Washington, Dc 20001 The Interstate Technology & Regulatory Council Otechnologies Team Tech Reg Update.

Dalcorso, A. M. (2014). Nutrient Metal Elemen And Plants . Journal Is The Royal Society Of Chemistri.

Database, P. N. (2000). Plant Profil For Pistia Stratiotes L. Https://Www.Itis.Gov/Servlet/Singlerpt/Singlerpt?Search_Topic=Tsn&Search_Value=42542#Null.

Database, P. N. (2003). Plant Profil For Salvinia Molesta D.S. Mitch. University Of Hawai'i Press , Https://Www.Itis.Gov/Servlet/Singlerpt/Singlerpt?Search_Topic=Tsn&Search_Value=181823#Null.

Devi, A. W. (2018). Analisa Kualitatif Kandungan Sulfat Dalam Aliran Air Dan Air Danau Dikawasan Jakabaring Sport City Palembang . Universitas Islam Negeri Raden Fatah , Vol 2 No 2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dyah Afiat M, I. E. (2016). Efektifitas Tanaman Pistiastratiotes Dalam Penyerapan Logam Berat Kadmium(Cd) Yang Terkandung Dalam Limbah Cair Pengolahan Tepung Agar Ditinjau Dari Akumulasi Logam Di Organ Akar Dan Daun. Universitas Negeri Malang.

Endrawati, E. S. (2015). Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau *(Perna Viridis)* Diperairan Tanjung Emas Semarang . Universitas Diponegoro , Jurnal Kelautan Tropis Vol 18 :38 - 45 Issn 08537291.

Fauzi, K. P. (2016). Alat Ukur Kualitas Air Minum Dengan Parameter Ph, Suhu, Tingkat Kekeruhan, Dan Jumlah Padatan Terlarut . Universitas Trisakti .

Febrina, L,. (2014). Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik . Universitas Sahid Jakarta, Jurnal Teknologi Volume 7 No 1.

Fernando, M. R. (2015). Penggunaan Air Limbah Industri. Institut Teknologi Bandung .

Firmansyaf, D. A. (2013). Studi Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Dalam Air, Sedimen Dan Jaringan Lunak Kerang Darah (Anadara Granosa Linn) Di Sungai Morosai Dan Sungai Gonjol Kecamtan Sayungan, Kabupaten Demak. Universitas Diponegoro , Jurnal Of Marine Research Volume 2, No 2 Halaman 45-54.

Fiskanita, B. H. (2015). Analisis Logam Berat Timbal (Pb) Dan Besi (Fe) Dalam Air Laut Di Pelabuhan Desa Paranggi Kecamatan Ampibabo. Universitas Tadulako Palu , Jurnal Akademika Kimia Volume 4, No 4 175 -180.

Fitri, A. A. (2019). Hersetail Plant Phytoremediation Potetial In The Decrease Of Heavy Metal Iron (Fe) In Leachate At Cilowong's Landfill Area Serang City. Universitas Banten Jaya , Indonesia Journal Ofurban And Environmental Technology.

Fitter Dan Hay. (1992). Fisiologi Lingkungan Tanaman. Ugm Press Yogyakarta.

Gadd, G. M. (2010). Metals, Minerals And Microbes : Geomicrobiology And Bioremediation. Microbiology 156 : 609 - 643.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gini, T. G. (2017). Phytoremediation Of Heavy Metals From Municipal Waste Water By Salvinia Molesta Mitchell. University Of Madras Chennai, Vol-2.

Hasrianti, N. (2016). Analisa Warna, Suhu Ph Dan Salinitas Air Sumur Bor Dikota Palopo. Universitas Cokroaminoto Palopo , Vol 2 No 1.

Hendriyanto, P. H. (2015). Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Kayu Apu *(Pistia Stratiotes L.)* Dan Genjer *(Limnocharis Flava L.).* Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.7 No.2.

Hibatuallah, H. F. (2019). Fitoremediasi Limbah Domestik (Grey Water) Menggunakan Tanaman Kiambang *(Salvinia Molesta)* Dengan Sistem Batch. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.

Hidayati, N. (2013). Mekanisme Fisiologis Tumbuhan. Pusat Penelitian Biologi Lipi, Bogor, J. Tek. Ling. (Issn 1411-318x), Vol. 14, No. 2.

Hoffman, S. M. (2011). Arsenite Toxicity And Uptake Rate Of Rice (Oryza Sativa L) In Vivo . Environ Pollut 159:2398-2404.

Ibrahim, A. (2016). Penurunan Kadar Ion Besi (Fe2+) Dalam Air Menggunakan Serbuk Kulit Pisang Kepok . Universitas Muhammadiyah Semarang.

Ika, E. S. (2015). Efisiensi Fitoremediasi Pada Air Terkontaminasi Cu Menggunakan *Salvinia Molesta Mitchel.* Universitas Nusantara Pgri.

Ika, T. I. (2012). Analisis Logam Timbal (Pb) Dan Besi (Fe) Dalam Air Laut Di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan Palu Utara. University Of Palu, Vol 1 (4) 181-186 Issn 23026030.

Irfan, S. (2015). Phytoremediation Of Heavy Metals Using Macrophyte Culture. University Of Tabuk , Volume 9 Issn 1314-7234.

Irhamni, S. P. (2017). Kajian Akumulator Beberapa Tumbhan Air Dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. Universitas Serambi Mekkah Banda Aceh.

Issg, I. S. (2015). Species Profile Salvinia Molesta. Global Invasive Species Database (Gisd) , Http://Www.Iucngisd.Org/Gisd/Species.Php?Sc=569.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Ita, R. R. (2010). Dampak Industri Terhadap Lingkungan Dan Sosial. Serang Banten.

Ji-Dong, G. (2018). Microbial Biofilms, Fouling, Corrosion, And Biodeterioration Of Materials. University Of Hong Kong Cina, Handbook Of Environmental Degradation Of Materials .

Kapri, B. B. (2017). Pengaruh Debit Udara Dan Waktu Aerasi Terhadap Efisiensi Penurunan Besi Dan Mangan Menggunakan Diffuser Aerator Pada Air Tanah. Universitas Diponogoro, Vol 6 No 1.

Karla, K. H. (2008). Structural Biology Of Bacterial Iron Uptake. University Of Calgary, Alberta, Canada T2n 1n4, Biochimica Et Biophysica Acta 1781–1804.

Karnaningroem, W. K. (2010). Studi Penurunan Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dengan Menggunakan Cascade Aerator Dan Rapid Sand Filter Pada Air Sumur Gali. Insitut Teknologi Sepuluh Nopember.

Kencanawati, C. I. (2016). Sistem Pengelolaan Air Limbah. Universitas Udayana.

Khaira, K. (2014). Analisisi Kadar Tembaga (Cu) Dan Seng (Zn) Dalam Air Minum Isi Ulang Kemasan Galon Kecamatan Lima Kaum Kabupaten Tanah Datar. Stain Batusangkar , Vol Vi No 2 116-123.

Khimayah. (2015). Variasi Diameter Zeolit Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali. Universitas Diponegoro Semarang, Jurnal Kesehatan Masyarakat Volume 3, Nomor 1, Januari 2015 (Issn: 2356-3346).

Khoirul, D. H. (2019). Analisis Kadar Khlorida Dalam Air Sumur Dan Pdam Ngelom Sidoarjo. Universitas Maarif Hasyim Latif , Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia Vol 4 No 1.

Kholifah, F. R. (2019). Pemanfaatan *Salvinia Minima* Sebagai Penyerapan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Berbagai Konsentrasi Pb. Universitas Negeri Surabaya, Volume 8 No 3.

Laila, A. A. (2014). Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. Universitas Sahid .

Lbn-Lipi. (1981). Tumbuhan Air . Biologi Nasional Lipi Bogor .

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Lines-Kelly, R. (2005). Defend The Rizosphere And Root Against Phatogenic Microorganisms.

Lutfiana, B. H. (2014). Kemampuan Eceng Gondok *(Eichhornia Sp)* Kangkung Air (Ipomea Sp) Dan Kayu Apu *(Pistia Sp)* Dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium). Universitas Diponegoro, Vol 3 No 1 Halaman 1-6.

Madaniyah. (2016). Efektifitas Tanaman Air Dalam Pembersihan Logam Berat Pada Air Asam Tambang. Insitut Pertanian Bogor .

Mcfarland, N. S. (2004). *Salvinia Molesta D.S Mitchell* (Giant Salvina) In The Unaited . States A Riview Of Spesies Ecology And Approaches To Management Aquatic Plant Control Reseacrh, Engineer Research An Development Center Page 1-5.

Mia, M. H. (2015). Analisa Kadar Amonia (Nh3) Dalam Air Sungai Cileungsi. Universitas Nusa Bangsa , Vol 15 No 1.

Mishra Et Al. (2008). Concurrent Removal And Accumulation Of Heavy Metals By The Three Aquatic Macrophytes . Bioresour Technol, 99 709-712.

Mishra Vk, T. B. (2009). Removal And Acumulation Of Mercury By Aquatic Macrophytes From An Open Cast Col Mine Effluent . University Banaras Hindu , Journal Og Hazardous Meterials 172 Hal 749 - 754.

Muhajir, M. S. (2013). Penurunan Limbah Cair Bod Dan Cod Pada Industri Tahu Menggunakan Tanaman Cattail *(Typha Angustifolia)* Dengan Sistem Constructed Wetland. Universitas Negeri Semarang.

Muhtadi, A. (2009). Analisa Kandungan Logam Berat Hg, Cd, Dan Pb Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Pulau Panggang - Pramuka Kepulauan Seribu, Jakarta. Institut Pertanian Bogor.

Muratova, T. H. (2003). Rhizosphere Microflora Of Plants Used For The Phytoremediation Of Bitumen-Contaminated Soil. Institute Of Biochemistry & Physiology Of Plants And Microorganisms Ras , Microbiol. Res. 158, 151–161 .

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Nevyana, F. (2019). Reduksi Kadar Mangan (Mn) Pada Air Tanah Di Sekitar Wilayah Porong Menggunakan (Manganase Greensand) Dalam Kolom Kontinyu. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Novita Et Al. (2019). Phytoremediation Potential Of Pistia Stratiotes To Reduce High Concentration Of Copper (Cu) In Acid Mine Drainage. Universitas Indonesia, Doi:10.1088/1755-1315/355/1/012063.

Novita, A. A. (2019). Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Jenis Tanaman Air . Universitas Jember , Jurnal Argoteknologi Vol 13. No 01.

Nugroho, D. F. (2019). Teknologi Sistem Fitoremediasi Dengan Tanaman Kiambang *(Salvinia Molesta)* Dan Tanaman Kiapu *(Pistia Stratiotes)* Untuk Menurunkan Konsentrasi Ion Logam Cu Pada Perairan Yang Tercemar. Universitas Negeri Malang.

Nur, F. (2013). Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd). Universitas Isllam Negeri Alauddin Makasar, Vol 1 No. 1 Issn 2302-1616.

Nurafifah, S. (2016). Pengaruh Kombinasi Kiambang *(Salviana Molesta)* Dan Zeolit Terhadap Penurunan Kadmium (Cd). Universitas Airlangga Surabaya.

Nurfitri, I. R. (2010). Pengaruh Kerapatan Tanaman Kiapu (Pistia Staratiotes L) Terhadap Serapan Logam Cu Pada Air . Institut Teknologi Bandung, Volume 16 No 1.

Nurfitriani, F. (2019). Fitoremediasi Air Tercemar Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Apu-Apu *(Pistia Stratioes)* Dengan Sistem Kontinyu. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Nuril, H. (2005). Fitoremediasi Dan Tumbuhan Hiperkumulator. Pusat Penelitian Biologi Lipi Bogor, Issn 854-8587 Vol 12, No 1.

Nurlina, S. S. (2016). Akumulasi Logam Berat Besi (Fe) Pada Kiapu *Pistia Stratiotes L* Dari Air Sumur Sekitar Workshop Unhas . Universitas Hasanuddin Makasar, Isbn : 978-602-72245-1-3.

Oktavia, B. N. (2016). Pengaruh Variasi Lama Kontak Fitoremediasi Tanaman Kiambang *(Salvinia Molesta)* Terhadap Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Cair Home Industry Batik X Magelang. Universitas Diponegoro Semarang, Vol 4 No 5 Issn 2356-3346.

Permadi, M. I. (2019). Pemanfaatan Bambu Air *(Equisetum Sp.)* Untuk Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Menggunakan Fitoremediasi Sistem Batch . Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Pradyot, P. P. (2003). Handbook Of Inorganic Chemicals. New York, Mc Graw Hill Companies Isbn 0-07-049439-8.

Pribadi, B. Z. (2016). Pengaruh Luas Penutupan Kiambang *(Salvinia Molesta)* Terhadap Penurunan Cod,Amonia,Nitrit,Dan Nitrat Pada Limbah Cair Domestik (Grey Water) Dengan Sistem Kontinyu. Universitas Diponegoro, Volume 5 No 4 .

Priyanto, T. S. (2003). Eliminasi Logam Berat Kadmium Dalam Air Limbah Menggunakan Tanamn Air. Balai Teknologi Lingkungan , Teknik Lingkungan P3tl-Bppt.4(3): 143-147.

Puspita, D. B. (2015). Analisa Kandungan Ion Logam Berat (Fe,Cd,Cu Dan Pb) Pada Tanaman Apu - Apu (Pistia Stratiotes L) Dengan Menggunakn Variasi Waktu. Universitas Mulawarman, Isbn : 978-602-72658-0-6.

Rahadian, E. S. (2017). Efisiensi Penurunan Cod Dan Tss Dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu *(Pistia Stratiotes L)* Studi Kasus Limbah Laundry. Universitas Diponegoro, Jurnal Teknik Lingkungan Vol 6 No 3.

Rahadian, E. S. (2017). Efisiensi Penurunan Cod Dan Tss Dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu *(Pistia Stratiotes L)* Studi Kasus Limbah Laundry. Universitas Diponegoro , Jurnal Teknik Lingkungan Vol. 6 No 3.

Raharjo, S. (2018). Cara Uji Kruskal Wallis Satatistik Non Parametrik Dengan Spss. Retrived Juni 18, 2019.

Raissa, D. G. (2017). Fitoremediasi Air Yang Tercemar Limbah Laundry Dengan Menggunakan Eceng Gondok *(Eichhornia Crassipes)* Dan Kayu Apu *(Pistia Stratiotes).* Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Rangkuti, A. M. (2009). Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd, Dan Pb Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Pulau Panggang-Pramuka Kepulauan Seribu, Jakarta. Institut Pertanian Bogor.

Rido, R. L. (2013). Penggunaan Tanaman Kayu Apu *(Pistia Stratiotes)* Untuk Pengolahan Air Limbah Laundry Secara Fitoremediasi . Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jatim, Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol 5 No 2.

Rolli Et Al. (2013). Effect Of Cadmium Toxicity On Aquatic Macrophyte Pistia Stratiotes L. University Dharwad, Journal Environ Anal Toxicol Volume 4 Issue 1.1000201.

Said, M. A. (2019). Pengaruh Tepung Apu Apu *(Pistia Stratiotes)* Terhadap Performans Dan Nilai Ekonomi Ayam Kampung Super. Universitas Alaluddin Makasar.

Said, N. I. (2005). Metode Penghilangan Zat Besi Dan Mangan Didalam Penyediaan Air Minum Domestik. Pusat Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Lingkungan,Bppt, Vol 1 No3.

Sata, Y. S. (2018). Efektifitas Kombinasi Kiambang *(Salvinia Adnatas Desv)* Dan Kayu Apu *(Pistia Stratiotes L.)* Dalam Fitoremediasi Logam Kadmium (Cd) Di Perairan. Universitas Pakuan.

Setiyono, R. A. (2017). Pengendalian Kromium (Cr) Yang Terdapat Dilimbah Batik Dengan Metode Fitoremediasi . Universitas Siliwangi, Unnes Journal Of Public Health Vol 6 No 3.

Shen, S. L. (2016). Mgnesium Alleviates Adverse Effects Of Load An Growth, Photosyntehesis, And Ultrastructural, Alterotion Of Torrya Grandis Seedlings Front Plant Sci. University Zhejiang.

Sosrosumihardjo, D. (2010). Mengenal Logam Berat . Jakarta, Isbn 9789791269308.

Suhartana. (2007). Kemampuan Quanin Pada Ekstraksi Kation Fe2+ Dan Senyawa Kompleks [Fe(Cn)6]4- Pada Fasa Air Dan Kloroform. Universitas Diponegoro, Jurnal Kim. Sains & Apl. Vol. X. No. 2 Agustus 2007.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sukoasih, T. W. (2016). Hubungan Antara Suhu, Ph Dan Berbagai Variasi Jarak Dengan Kadar Timbal (Pb) Pada Badan Air Sungai Rompang Dan Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah Tahun 2016. Politeknik Kesehatan Kemenkes .

Suseno, A. (2016). Studi Fisis Kualitas Air Sumur Di Sekitar Kawasan Industri Makassar (Kima) . Universitas Islam Negeri Alaluddin.

Sutandi, M. C. (2012). Air Tanah . Universitas Kristen Maranatha .

Sutrisno, J. (2010). Removal Kadar Besi (Fe) Dalam Air Bersih Secara Spray Aerator Disertai Pembubuhan Kaporit . , Vol 8 Issn 1412-1467.

Tangahu, D. G. (2017). Fitoremediasi Air Yang Tercemar Limbah Laundry Dengan Menggunakan Kayu Apu *(Pistia Stratiotes).* Institut Teknologi Sepuluh Nopember , Jurnal Teknik Its Vol. 6, No. 2.

Tania, I. R. (2010). Pengaruh Penambahan Logam Zn Pada Serapan Logam Cu Oleh Tanaman Kiapu *(Pistia Stratiotes L)* Pada Air. Institut Teknologi Bandung .

Tika, A. P. (2013). Kandungan Besi (Fe) Pada Air Sumur Dan Gangguan Kesehatan Masyarakat Disepanjang Sungai Porong Desa Tambak Kalisongo Kecamatan Jabon Sidoarjo. Uinversitas Airlangga Surabaya, Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol 7 No 1.

Utami, N. U. (2017). Kemampuan Tanaman Apu -Apu *(Pistia Stratiotes L.)* Dalam Menurunkan Logam Berat Nikel Limbah Cair. Gema Kesehatan Lingkungan , Vol 15 No 1.

Valentino, D. (2013). Kajian Pengawasan Pemanfaatan Sumberdaya Air Tanah Dikawasan Industri Kota Semarang . Jakarta , Jurnal Wilayah Dan Lingkungan Vol 1 No 3 .

Vinod, J. S. (2019). Phytoremediation Of Copper, Iron And Mercury From Aqueous Solution By Water Lettuce *(Pistia Stratiotes L).* Argo - Ecology And Pollution Research Laboratory, Environmental Sustainability.

Virendra, T. (2008). Concurrent Removal And Accumulation Of Heavy Metals By The Three Aquatic Macrophytes. Banaras Hindu University, Bioresource Technology 7091-7097.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Wahyu, A. A. (2018). Identifikasi Bakteri Escherichia Coli (E.Coli) Pada Air Minum Dirumah Makan Dan Cafe Dikelurahan Jati Serta Jati Baru Kota Padang . Universitas Andalas , Vol 7 No 2.

Yan-De, H. Z.-L.-E. (2007). Role Of Soil Rhizobacteria In Phytoremediation Of Heavy Metal Contaminated Soils. University Of Florida Institute Of Food And Agricultural Sciences, Journal Of Zhejiang University Science B Issn 1673-1581 (Print); Issn 1862-1783.

Yudo, S. (2006). Kondisi Pencemaran Logam Berat Diperairan Sungai Dki Jakarta. Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi, Jaivol 2 No 1.

Yuliana, D. A. (2017). Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok *(Ichhornia Crassipes)* Untuk Menurunkan Cod Dan Kandungan Cu Dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik Universitas Udayana. Journal Of Applied Chemistry, Volume 5 No 2.

Yuliani. (2019). Fitoremediasi Limbah Pelumas Bekas Menggunakan Tanaman Eceng Gondok *(Eichhornia Crassipes)* Dengan Variasi Penambahan Pupuk. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Yuliani, S. W. (2013). Analisis Kemampuan Kiambang *(Salvinia Molesta)* Untuk Menurunkan Konsentrasi Ion Logam Cu (Ii) Pada Media Tumbuh Air. Universitas Mulawarman, Volume 10 No 2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id