FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN MELATI AIR *(Echinodorus palaefolius)* UNTUK MENURUNKAN LOGAM BESI (Fe)

TUGAS AKHIR

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

Disusun oleh:

DANIA RACHMAWATI

H75216028

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Dania Rachmawati

NIM : H75216028

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya berjudul "FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN MELATI AIR (*Echinodorus palaefolius)* UNTUK MENURUNKAN LOGAM BESI (Fe)" Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan Tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 29 Juli 2020

Yang Menyatakan

METERAI TEMPEL

1B9FFADF730319032

6000

ENAM RIBU RUPIAH

(Dania Rachmawati)

NIM. H75216028

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh:

NAMA : DANIA RACHMAWATI

NIM : H75216028

JUDUL : FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN MELATI AIR (*Echinodorus palaefolius*) UNTUK MENURUNKAN BESI (Fe)

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 24 Juli 2020

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
(Dedy Suprayogi, S.KM, M.KL)	(Ida Munfarida, M.Si.,M.T)
NIP.198512112014031002	NIP. 198411302015032001

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Dania Rachmawati ini telah dipertahankan

di depan tim penguji tugas akhir

di Surabaya, 29 Juli 2020

Mengesahkan,

Dewan Penguji

Dosen Penguji I

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

Dosen Penguji II

(Ida Munfarida, M.Si.,M.T)
NIP. 198411302015032001

Dosen Penguji III

(Funsu Andiarna, M.Kes)
NIP. 198710142014032002

Dosen Penguji IV

(Shinfi Wazna Auvaria, M.T)
NIP. 198603282015032001

Mengetahui

Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN SUNAN AMPEL SURABAYA

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

Dipindai dengan CamScanner

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 : Dania Rachmawati
NIM : H75216028
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/ TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : rachmawatidania24@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 MELATI AIR (*Echinodorus palaefolius*) UNTUK MENURUNKAN LOGAM BESI (Fe)

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, 29 Juli 2020

Penulis

(Dania Rachmawati)

ABSTRAK

FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN MELATI AIR *(Echinodorus palaefolius)* UNTUK MENURUNKAN LOGAM BESI (Fe)

Besi (Fe) merupakan logam berat essensial dimana logam berat ini masih memiliki peran penting dalam kelangsungan hidup hewan dan tumbuh-tumbuhan namun apabila logam ini memiliki kadar yang tinggi di lingkungan dapat bersifat toksik. Untuk itu diperlukan upaya penanganan guna mengurangi toksisitas dari logam Besi (Fe), salah satunya dalam penelitian ini menggunakan proses fitoremediasi dengan sistem *batch* dengan tanaman melati air *(Echinodorus palaefolius)*. Penelitian dilaksanakan secara eksperimen dengan tujuan untuk mengetahui perubahan morfologi melati air selama fitoremediasi, perbedaan jumlah tanaman dalam menurunkan logam berat Besi (Fe) dan nilai efisiensi removal logam Besi (Fe). Penelitian menggunakan 3 reaktor yang berukuran panjang 35cm, lebar 15cm dan tinggi 20cm. Logam berat Besi (Fe) artifisial dibuat dengan melarutkan serbuk $FeSO_4.7H_2O$ menggunakan aquades dengan konsentrasi 15,17 mg/L. Hasil Penelitian menunjukkan seluruh daun tanaman melati air selama uji fitoremediasi mengalami gejala klorosis dan tumbuh daun baru. Pada penelitian ini tidak ada perbedaan yang nyata (signifikan) pada variasi jumlah 0, 6, dan 9 tanaman melati air yang telah diterapkan pada penelitian ini untuk penyerapan zat pencemar besi (Fe). Nilai efisiensi tertinggi pada reaktor 1 di hari pengambilan sampel ke-9 sebesar 27% pada reaktor 2 (6 tanaman) mencapai nilai tertinggi pada hari pengambilan sampel ke-6 sebesar 98% dan di reaktor 3 (9 tanaman) mencapai nilai tertinggi pada hari pengambilan sampel ke-6 sebesar 99,4%.

Kata Kunci: Fitoremediasi, *Echinodorus palaefolius, Besi (Fe),* sistem *batch,* variasi tanaman

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

FITOREMEDIATION USING JASMINE WATER *(Echinodorus palaefolius)* TO REDUCE METAL IRON (Fe)

Iron (Fe) is an essential mineral that has an important role in the survival of animals and plants, but if this metal has high levels in the environment it can be toxic. Efforts are needed in order to reduce the toxicity of ferrous metal (Fe), this study uses a phytoremediation. In a batch system with water jasmine (Echinodorus palaefolius). The research was carried out experimentally with the aim to find out the morphological changes of water jasmine during phytoremediation, differences in the number of plants in reducing Iron (Fe) and the value of its removal efficiency. The study used 3 reactors measuring 35cm long, 15cm wide and 20cm high each. Iron (Fe) artificially made with dissolve FeSO4.7H2O powder using aquades with a concentration of 15.17 mg / l. The results showed that all the leaves of the jasmine plant during phytoremediation test experienced symptoms of chlorosis and new leaf growth. In this research no significant difference variations in the amount of 0, 6, and 9 water jasmine plants that have been applied for the absorption of iron pollutants (Fe). The highest efficiency value in reactor 1 on the 9th day 27%, on reactor 2 and 3 reach highest value on 6th day at 98% and 99,4% respect tively.

Keywords: Phytoremediation, Echinodorus palaefolius, Iron (Fe), batch system, plant variations

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

HALAMAN SAMPUL ..... **i**

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **ii**

LEMBAR PERSETUJUAN PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **iii**

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR ..... **iv**

PERNYATAAN PUBLIKASI ..... **v**

ABSTRAK ..... **v**

ABSTRACT ..... **vi**

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

DAFTAR GAMBAR ..... **x**

DAFTAR TABEL ..... **xii**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 4

1.3. Tujuan Penelitian 4

1.4. Manfaat Penelitian 5

1.5. Batasan Masalah 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**

2.1. Limbah Cair 6

2.1.1. Sumber air limbah 6

2.1.2. Karakteristik Air Limbah 7

2.2. Logam Berat Fe 8

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

2.2.1. Senyawa besi (Fe) di Dalam Air 8
2.2.2. Toksisitas besi 9
2.2.3. Pengolahan Limbah Besi (Fe) 12
2.3. Fitoremediasi 13
2.3.1. Kelebihan dan Kekurangan Fitoremediasi 13
2.3.2. Mekanisme Proses Fitoremediasi 14
2.3.3. Mekanisme Tanaman Mengakumulasi Logam Berat 16
2.3.4. Tanaman Hiperakumulator 17
2.3.5. Melati Air 18
2.3.6. Aklimatisasi 22
2.4. Jenis-jenis Reaktor 22
2.5. Penelitian Terdahulu 24
BAB III METODE PENELITIAN 35
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian 35
3.2. Variabel Penelitian 35
3.3. Tahapan Penelitian 36
3.4.1. Persiapan Bahan 37
3.4.2. Proses Aklimatisasi 37
3.4.3. Proses Penanaman 38
3.4.4. Kerangka Penelitian 41
3.4.5. Perlakuan 42
3.4.6. Pengambilan Data 42
3.4. Rancangan Percobaan 44

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. Analisis Data 47

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 49

4.1. Tahap Aklimatisasi Tanaman 49

4.2. Uji Fitoremediasi Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) 53

4.3. Kadar Logam Besi (Fe) pada Air 63

4.4. Pengukuran pH 67

4.5. Efisiensi Removal 69

4.6. Analisa Perbedaan Kemampuan Variasi Jumlah Tanaman Melati Air Dalam Mengurangi Konsentasi Besi (Fe) 71

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 74

5.1. Kesimpulan 74

5.2. Saran 74

DAFTAR PUSTAKA 75

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 Mekanisme Proses Fitoremediasi 15

Gambar 2.2 Melati air 19

Gambar 2.3 Reaktor Batch 23

Gambar 2.4 Reaktor Kontinu 24

Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian 36

Gambar 3.2 Layout Sampel 45

Gambar 3.3 Reaktor 1 46

Gambar 3.4 Reaktor 2 46

Gambar 3.5 Reaktor 3 46

Gambar 4.1 Aklimatisasi Tanaman Melati Air Pada Hari Ke-1 50

Gambar 4.2 Aklimatisasi Tanaman Melati Air Pada Hari Ke-2 51

Gambar 4.3 Aklimatisasi Tanaman Melati Air Pada Hari Ke-3 52

Gambar 4.4 Aklimatisasi Tanaman Melati Air Pada Hari Ke-4 53

Gambar 4.5 Melati Air hari ke- 1 53

Gambar 4.6 Melati Air hari ke- 1 53

Gambar 4.7 Melati Air hari ke- 2 54

Gambar 4.8 Melati Air hari ke- 2 54

Gambar 4.9 Melati Air hari ke- 3 55

Gambar 4.10 Melati Air hari ke- 3 55

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 4.11 Melati Air hari ke- 4 56

Gambar 4.12 Melati Air hari ke- 4 56

Gambar 4.13 Melati Air hari ke- 5 57

Gambar 4.14 Melati Air hari ke- 5 57

Gambar 4.15 Melati Air hari ke- 6 58

Gambar 4.16 Melati Air hari ke- 6 58

Gambar 4.17 Melati Air hari ke- 7 59

Gambar 4.18 Melati Air hari ke- 7 59

Gambar 4.19 Melati Air hari ke- 8 59

Gambar 4.20 Melati Air hari ke- 8 59

Gambar 4.21 Melati Air hari ke- 9 60

Gambar 4.22 Melati Air hari ke- 9 60

Gambar 4.23 Efisiensi Penurunan Besi (Fe) 64

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 Penelitian Terdahulu 25

Tabel 3.1 Kombinasi Variabel 44

Tabel 4.1 Analisis Morfologi Tanaman 56

Tabel 4.2 Hasil Analisis Kadar Fe pada Proses Fitoremediasi..... 64

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran pH 68

Tabel 4.4 Efisiensi Removal Besi (Fe)..... 69

Tabel 4.5 Uji Normalitas..... 71

Tabel 4.6 Uji Homogenitas 72

Tabel 4.7 Uji Kruskal Wallis 73

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

Kasus pencemaran air di Indonesia sepanjang tahun 2010 banyak terjadi di air sungai dimana 65 sungai di Indonesia tercemar yang disebabkan oleh limbah rumah tangga berupa *blackwater* dan *greywater* serta buangan yang berasal dari industri yang mengandung zat pencemar yang dapat menganggu kesehatan manusia serta lingkungan hidup (Natawidha, 2015).

Pada penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa konsentrasi besi di pantai barat perairan selat Bali yaitu di Banyuwangi diketahui memiliki konsentrasi Fe pada kisaran tertinggi 1,5 – 129,9 mg/kg yang artinya melebihi baku mutu (Yona dkk., 2018).

Konsentrasi Fe di sungai Surabaya yang dilakukan pada 5 lokasi yakni jembatan Canggu, tambangan Cangkir, tambangan Bambe, Karang Pilang, dan Jagir berada pada rentang 0,7486 – 39,2775 ppm (Putri dkk., 2013). Konsentrasi Fe pada air tanah Sidoarjo salah satunya di Desa Jimbaran Kulon Kecamatan Wonoayu pada kisaran tertinggi 0,37 – 1,42 mg/L (Prihatini, 2014). Logam berat Fe yang mencemari air dapat berasal dari aktifitas gunung berapi yang menghasilkan bebatuan, kegiatan manusia seperti kegiatan industri, pertambangan, serta kegiatan domestik yang dapat meyumbang logam berat di lingkungan.

Berdasarkan data diatas kondisi lingkungan sekarang telah mengalami pencemaran lingkungan sehingga perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah cair agar tidak mencemari lingkungan. Hal ini telah dijelaskan pada ayat Al-qur’an Surat Al-A’raf ayat 56 sebagai berikut.

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

وَلَا تُفْسِدُوا۟ فِى ٱلْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَٰحِهَا وَٱدْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا ۚ إِنَّ رَحْمَتَ ٱللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ ٱلْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya: Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik. (QS. Al-A'raf : 56).

Menurut penafsiran Buya Hamka atas ayat tersebut yakni seorang muslim memiliki kesadaran bahwa agamanya memiliki kewajiban untuk tidak menambah kerusakan yang telah rusak dan memelihara yang telah ada dan berusaha membuat yang lebih baik.

Buangan hasil sisa kegiatan yang tidak diolah terlebih dahulu merupakan salah satu kerusakan di bumi dan seharusnya manusia memperbaiki lingkungan yang tercemar tersebut. Salah satu upaya dalam memperbaiki lingkungan tercemar Fe dapat dilakukan dengan cara fitoremediasi karena ramah lingkungan, lebih ekonomis dan tidak ada efek buruk jangka panjang (Fahrudin, 2010).

Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tanaman serta bagian-bagian dari tanaman tersebut guna dekontaminasi limbah serta zat-zat pencemar lainnya. Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat pada tanaman tersebut mengalami tiga proses yakni penyerapan oleh akar kemudian translokasi dari akar ke bagian tumbuhan seperti batang dan daun lalu dilanjutkan dengan lokalisasi pada bagian sel tertentu agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut (Putra, 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

Tanaman yang mampu menyerap zat pencemar yang memiliki konsentrasi tinggi disebut dengan hiperakumulator. Beberapa tanaman air memiliki sifat hiperakumulator dan digunakan dalam meremediasi zat pencemar logam berat di lingkungan perairan (Smits, 2005). Akar disekitar tanaman hiperakumulator mengeluarkan rizosfor atau larutan disekitar akar yang berfungsi untuk membawa logam pada media tanam menuju sel akar yang kemudian di degradasi oleh enzim yang berada di akar. Di dalam akar tersebut membentuk jaringan lakuna dan aerenkim yang berfungsi untuk pertukaran gas dan menyediakan jalur guna transportasi oksigen dari cabang hingga akar (Schussle & Longstreth, 2000).

Penelitian ini menggunakan tanaman melati air karena penelitian terdahulu menggunakan tanaman melati air dalam menurunkan logam Cu dan Zn dimana tanaman *Echinodorus paleofolius* mampu menyerap logam berat tersebut dengan efisiensi penyerapan masing-masing sebesar 82.9% dan 90.5% (Wibowo dkk., 2014). Tanaman melati air juga efektif dalam menurunkan logam berat Al sebanyak 96,46%, hal ini disebabkan karena tanaman melati air memiliki akar serabut dan batang yang berongga besar sehingga mampu menyuplai oksigen ke akar dengan jumlah yang besar sehingga tanaman melati air dipilih sebagai tanaman fitoremediasi (Santriyana, 2013).

Pada penelitian ini, proses fitoremediasi menggunakan sistem reaktor *batch* dikarenakan penelitian Sari dkk., pada tahun 2019 dengan judul Potential of Water Jasmine (*Echinodorus palaefolius*) In Phytoremediation of Fe in Leachate Jatibarang Landfill menggunakan metode *constructed wetland* yang menyatakan bahwa *Echinodorus palaefolius* berpotensi sebagai agen fitoremediasi lindi di TPA Jatibarang. Waktu kontak *Echinodorus palaefolius* dengan lindi tersebut mempengaruhi akumulasi Fe, akumulasi tertinggi terjadi pada hari ke 14 di batang dan daun (masing-masing 892 dan 892

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

mg/kg). Pada reaktor sistem *batch*, tanaman didiamkan dalam beberapa hari yang telah ditentukan untuk mengetahui seberapa efisiensi tanaman melati air ini menurunkan kadar besi (Fe) yang melalui proses biologisnya secara alamiah.

Berdasarkan pemaparan diatas peneliti tertarik untuk meneliti tentang "Fitoremediasi Menggunakan Melati Air *(Echinodorus Palaefolius)* dalam Menurunkan Logam Besi (Fe)".

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana perubahan morfologi (akar, batang, dan daun) tanaman melati air selama fitoremediasi berlangsung?
2. Adakah perbedaan jumlah tanaman terhadap kemampuan tanaman melati air dalam menurunkan logam berat besi (Fe)?
3. Berapa nilai efisiensi *removal* logam Fe pada fitoremediasi dengan melati air?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui perubahan morfologi (akar, batang, dan daun) tanaman melati air selama fitoremediasi berlangsung.
2. Mengetahui perbedaan jumlah tanaman terhadap kemampuan tanaman melati air dalam menurunkan logam berat besi (Fe)
3. Mengetahui nilai efisiensi *removal* logam Fe pada fitoremediasi dengan melati 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

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi alternatif pengolahan limbah cair dengan memanfaatkan tanaman melati air dengan cara fitoremediasi.
2. Memperluas wawasan terhadap fitoremediasi menggunakan tanaman air.

1.5. Batasan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel limbah artifisial logam besi (Fe) dengan konsentrasi 15 mg/L.
2. Sampel pada tahap aklimatisasi menggunakan air sumur.
3. Tanaman yang digunakan adalah melati air *(Echinodorus palaefolius).*
4. Jumlah tanaman yang telah ditetapkan 6 tanaman, dan 9 tanaman dengan berat 50 gram -100 gram.
5. Volume air adalah 9 Liter.
6. Reaktor yang digunakan sejumlah 3 buah dengan sistem batch dan memiliki panjang 35cm, lebar 15cm, dan tinggi 20cm.
7. Pengukuran dilakukan pada hari ke 0,3,6,9 meliputi kadar besi (Fe), dan pengukuran pH air, suhu air dan ciri fisik tanaman melati air meliputi perubahan warna daun dan batang.
8. Pengambilan sampel di setiap reaktor dilakukan secara duplo (dua kali pengulangan).

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. Limbah Cair

Limbah cair merupakan sisa yang berasal dari suatu kegiatan atau hasil usaha yang berbentuk cairan atau berada fasa cair, limbah tersebut sudah tidak digunakan lagi dan dibuang ke lingkungan baik berasal dari buangan industri, peternakan, pertanian dan sebagainya yang dapat mengganggu lingkungan dan makhluk hidup (Rosihan, 2016).

Industri atau kegiatan yang menghasilkan limbah Fe yakni industri elektroplating yang menghasilkan logam berat berupa besi, krom, mangan, nikel, dan tembaga. Logam berat ini memiliki toksisitas yang berbahaya tergantung variasi kondisi dari operasi serta proses pelapisan dan pembilasan yang dilakukan oleh industri tersebut. Limbah yang berasal dari industri elektroplating dapat memberikan efek negatif terhadap mikroorganismedan lingkungan baik dalam bentuk koloid, larutan dan bentuk partikel lainnya (Salimin & Nurifitriyani, 2013).

2.1.1. Sumber air limbah

1. **Limbah Domestik**

   Air limbah domestik merupakan air yang berasal dari suatu kegiatan dari rumah makan, perkantoran, pemukiman, perumahan dan apartemen. Buangan ini dapat berupa tinja, air seni, limbah dari mencuci, serta dari kegiatan dapur rumah tangga (Mubin dkk., 2016).

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. **Limbah Cair Industri**

Limbah cair industri merupakan hasil sisa kegiatan dari industri tersebut, namun setiap industri memiliki karakteristik limbah cairnya masing-masing dan memiliki jumlah yang lebih besar daripada limbah rumah tangga. Limbah industri yang memiliki sifat toksik ini akan mencemari lingkungan dan menimbulkan berbagai macam penyakit serta kerusakan komponen dari lingkungan itu sendiri.

2.1.2. Karakteristik Air Limbah

Karakterisitik limbah cair dapat dibagi menjadi 3 yakni karakterisitk fisik, karakteristik kimia dan karakteristik biologis (Metcalf & Eddy, 2008).

1. **Karakteristik fisik**
   a. *Total solid* (TS)
   b. Bau
   c. Temperature
   d. *Density*
   e. Warna
   f. Kekeruhan

2. **Karakteristikkimia**
   a. Bahan organik
   b. Bahan organik
   c. Gas

3. **Karakteristikbiologi**

   Karakterisitik biologi pada air limbah berupa bakteri dan mikroorganisme lainnya yang terdapat pada stabilisasi senyawa organik (Metcalf & Eddy, 2008).

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

2.2.Logam Berat Fe

Besi (Fe) memiliki nomor atom 26 dengan massa 55,8777. Besi adalah logam berat yang keberadaannya tersebar dalam sistem hidup. Besi memiliki peran penting dalam kelangsungan hidup hewan dan tumbuh-tumbuhan, namun apabila logam ini akan bersifat toksik apabila jumlahnya berlebih. Logam besi ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan terutama pada sistem peredaran darah, selain itu juga mengakibatkan gangguan sistem syaraf apabila loham berat ini menumpuk di sumsum tulang belakang (Rahmi, 2006).

2.2.1. Senyawa besi (Fe) di Dalam Air

Besi merupakan logam yang dapat ditemui di setiap tempat di bumi seperti di badan air. Besi dapat bersifat larut seperti Fe^{2+} (fero) dan Fe^{3+} (feri) dan juga dapat tersuspensi menjadi butiran koloid dengan diameter<1µm atau lebih besar seperti Fe_2O_3, FeO, $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ dan sebagainya yang terbentuk menjadi satu dengan zat organis dan zat padat inorganik seperti tanah liat. Kadar besi pada air permukaan jarang melebihi dari 1 mg/l, namun banyak dijumpai dalam air tanah. Hal ini disebabkan besi yang terkandung dalam tanah dan batuan sebagai ferioksida (Fe_2O_3) dan ferihidroksida ($Fe(OH)_3$) dan besi yang terdapat di dalam air berbentuk senyawa antara lain ferobikarbonat ($Fe(HCO_3)_2$), ferihidroksida ($Fe(OH)_2$), ferosulfat ($FeSO_4$) dan besi organik komplek (Febrina & Ayuna, 2015).

Adanya kandungan alkaliniti (HCO_3) yang cukup besar dalam air maka akan menyebabkan senyawa besi berada dalam bentuk ferobikarbonat ($Fe(HCO_3)_2$, yang disebabkan karena CO_2 lebih stabil daripada (HCO_3) maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat (Purba & Hartini, 2013):

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

$Fe(CO_3)_2 \rightarrow FeCO_3 + CO_2 + H_2O$

Dari reaksi tersebut dapat dilihat jika CO_2 berkurang maka reaksi akan bergeser ke kanan dan selanjutnya reaksi akan menjadi sebagai berikut (Purba & Hartini, 2013):

$FeCO_3 + CO_2 \rightarrow Fe(OH)_2 + CO_2$

2.2.2. Toksisitas besi

1. Toksisitas Besi Pada Hewan

Senyawa besi (Fe) yang berada di perairan dapat menyebabkan toksisitas pada hewan di air seperti ikan. Pada ikan ada 2 tempat yang berpotensi dalam penyerapan logam, seluruh usus yang berasal dari makanan atau pada jaringan epitel insang yang berasal dari air. Insang pada ikan memiliki peran untuk proses respirasi, regulasi ionik dan osmotik karena adanya jaringan epitel insang yang menjadi tempat berlangsungnya transport aktif antara organisme dan lingkungan. Insang merupakan organ yang berfungsi menjadi tempat penyaringan air masuk ke dalam tubuh ikan. Apabila air tersebut mengandung toksikan seperti logam Fe akan menimbulkan dampak pada jaringan insang tersebut.

2. Toksistas Besi Pada Manusia

Logam esensial yangs banyak dilaporkan menyebabkan toksisitas pada manusia adalah Fe, Cu, Zn karena keberadaannya dalam tubuh saling terkait dan berinteraksi. Usus halus adalah tempat pertama yang mengontrol masuknya Fe, dimana usus halus mengabsorbsi sekaligus ekskresi Fe yang tidak diserap oleh tubuh.

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

Toksistas terjadi apabila kelebihan jumlah Fe dalam tubuh. Toksistas Fe yang berkelanjutan dapat mengakibatkan kerusakan pada lambung, hati, ginjal, dinding pembuluh darah dan otak (Lala, 2011).

3. Toksisitas Besi Pada Tumbuhan

Senyawa besi (Fe) memiliki peran sebagai katalis dalam tanaman dan proses redoks pada tanaman seperti respirasi, fotosintesis, reduksi nitrat dan pembentukan klorofil. Senyawa besi yang memiliki konsentrasi tinggi pada tanaman dapat menyebabkan penghambatan berbagai kegiatan seperti respirasi, fotosintesis, reduksi nitrat dan sintesis klorofil. Tanaman yang mengalami gejala keracunan Fe memiliki ciri-ciri pada daun bagian bawah muncul bercak berwarna coklat kecil kemudian menyebar kearah pangkal daun. Bercak tersebut kemudian menyatu dengan diantara tulang daun dan berubah warna menjadi merah coklat lalu mati (Haryatmo, 2014).

4. Toksisitas Besi Pada Lingkungan

Senyawa Besi (Fe) dapat mencemari lingkungan, baik di perairan maupun di tanah. Besi dalam perairan dapat dijumpai di sungai, maupun air tanah. Apabila konsentrasi besi telarut dalam air melebihi batas maka akan menyebabkan berbagai masalah seperti timbulnya endapan dan menyebabkan pipa menjadi korosif sehingga menyebabkan pembuntuan dan mengotori bak, wastafel dan kloset, selain itu besi yang terlarut juga dapat menimbulkan warna, bau, dan rasa pada air (Lopo, 2011). Jumlah senyawa besi ferro yang tinggi di dalam tanah dapat menyebabkan terjadinya tidak seimbangan hara mineral dalam tanah sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Noor dkk., 2012).

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

Besi yang terkorosi semakin banyak karena besi (Fe) berubah menjadi ion Fe^{2+} yang larut dalam media air larut dan bereaksi dengan OH^- membentuk $Fe(OH)_2$. Berikut reaksi proses korosi besi dalam lingkungan yang menggunakan air laut sebagai media korosif (Irianty & Sembiring, 2012).

$Fe_{(s)} + H_2O + ½ O_{2(g)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2OH^-$

Ion Fe^{2+} yang terbentuk dapat teroksidasi kembali membentuk ion Fe^{3+} karena adanya oksigen berlebih dalam media air. Ion-ion Fe^{3+} tersebut kemudian bereaksi kembali dengan oksigen dan molekul-molekul air membentuk karat seperti pada persamaan reaksi berikut:

$2Fe(OH)_{2(s)} + H_2O_{(1)} + ½ O_{2(g)} \rightarrow 2Fe(OH)_{3(S)}$

Asam sulfar sebagai zat pengoksidator kuat mengakibatkan logam Fe teroksidasi menjadi Fe^{+2} yang tidak stabil dan dapat bereaksi dengan ion hidroksil yang memiliki muatan negatif akibat reaksi dissosiasi air yang menjadi ferihidroksida dan dapat bereaksi kembali dengan ion Fe^{+2} sehingga menghasilkan endapan Fe_3O_4 yang memiliki warna kuning kemerahan serta memiliki sifat magnetik (Gusti dkk., 2010).

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

$Fe \rightarrow Fe^{+2} + 2e$ (oksidasi)

$2H^{+} + 2e \rightarrow H_2$ (reduksi)

$Fe + 2H^{+} \rightarrow Fe^{+2} + H_2$

Selanjutnya,

$Fe^{+2} + 2\ OH^{-} \rightarrow Fe(OH)_2$ Ferohidroksida

$Fe(OH)_2 + 2\ Fe^{+2} + 2H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 6\ H^{+} + 2e$

Reaksi korosi yang disebabkan oleh hidrogen sulfida adalah sebagai berikut:

$H_2S + Fe \rightarrow FeS + 2\ H$

Bentuk korosi yang disebabkan oleh karbon dioksida (CO_2). Tipe korosi ini ditandai adanya asam karbonat H_2CO_3(Y. Sari & Dwiyati, 2015). Berikut reaksinya:

$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$

$Fe + H_2CO_3 \rightarrow FeCO_3 + H_2$

2.2.3. Pengolahan Limbah Besi (Fe)

Adapun pengolahan limbah besi (Fe) dapat berua sebagai berikut:

1. **Pengolahan Secara Fisika**
   Proses pengolahan limbah besi (Fe) secara fisika dapat berupa aerasi dan filtrasi (Saleh & Rasman, 2016).
2. **Proses Pengolahan Secara Kimia**
   Proses pengolahan limbah besi (Fe) secara kimia dapat berupa adsorpsi, *ion exchange*, dan *reverse osmosis* (Audina, 2017).
3. **Proses Pengolahan Secara Biologi**
   Proses pengolahan limbah besi (Fe) secara fisika dapat berupa fitoremediasi (Yunus & Prihatini, 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

2.3. Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan istilah yang berasal dari kata *phytoremediation* yang terdiri dari kata *phyto* atau *phyton* yang bermakna tumbuhan dan *remedium* bermakna menyembuhkan. Dengan begini fitoremediasi dapat berarti sebagai sebuah aktifitas tanaman dalam menghilangkan, menghancurkan atau menstabilkan bahan pencemar organik maupun anorganik (Purakayastha & Chhonkar, 2010). Fitoremediasi dengan menggunakan tanaman serta bagian dari tanaman tersebut dalam menurunkan dan penyerapan limbah yang mengandung zat pencemar (Nur, 2013).

2.3.1. Kelebihan dan Kekurangan Fitoremediasi

Ada beberapa kelebihan dari proses fitoremediasi:

1. Fitoremediasi dapat dikatakan memiliki teknologi yang inovatif, ekonomis dan relatif aman terhadap lingkungan sehingga dapat menjadi solusi untuk menurunkan logam berat yang berada di lingkungan.
2. Dapat memonitor pertumbuhan tanaman
3. Logam berharga dapat direklamasi dan di daur ulang melalui fitoremediasi
4. Kemampuan dalam menghasilkan buangan sekunder yang lebih rendah sifat toksisitasnya, lebih bersahabat dengan lingkungan serta lebih ekonomis (Sidaruk & Sipayung, 2015).

Adapun kekurangan dari proses fitoremediasi adalah:

1. Teknik ini memerlukan waktu yang lebih lama dan tergantung dengan iklim
2. Terdapat kemungkinan adanya kontaminan yang masuk ke dalam rantai makanan melalui hewan yang mengkonsumsi tanaman tersebut.

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. Dapat mempengaruhi keseimbangan rantai makanan pada ekosistem (Sidaruk & Sipayung, 2015)

2.3.2. Mekanisme Proses Fitoremediasi

Mekanisme kerjatumbuhandalam menyerap zat pencemar terdiri dari beberapa konsep, yakni:

1. Fitoekstraksi

   Tanaman menyerap polutan yang berada di air maupun tanah dengan menyimpan atau mengakumulasi polutan tersebut di dalam daun atau batang, tanaman, tanaman ini biasa disebut dengan hiperakumulator. Setelah polutan tersebut diserap, tanaman tersebut harus dimusnahkan dengan *incenerator* kemudian di landfiling.
2. Fitovolatilisasi

   Tanaman menyerap polutan kemudian merubah polutan tersebut menjadi bersifat *volatile* dan kemudian ditranspirasikan oleh tanaman dengan melepaskan polutan tersebut oleh tanaman ke udara dengan berupa bentuk senyawa awal polutan atau menjadi senyawa yang berbeda dengan senyawa awal.
3. Fitodegradasi

   Polutan diserap oleh tanaman dan kemudian polutan tersebut mengalami metabolisme di dalam tanaman, metabolisme dapat melibatkan enzim seperti nitrodictase, laccase, dehalogenase, dan nitrilase.
4. Fitostabilisasi

   Tanaman mengubah senyawa polutan dengan mengubah senyawa polutan tersebut menjadi senyawa yang non toksik tanpa adanya penyerapan polutan di dalam tubuh tanaman. Hasil transformasi tersebut tetap berada di air ataupun tanah.

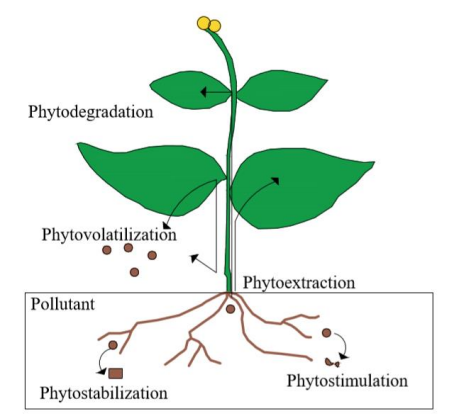
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5. Rizhofiltrasi

   Tanaman menyerap polutan dengan mengadsorpsi kontaminan tersebut menempel pada akar. Biasanya proses ini terjadi apabila kontaminan berada di badan air.

6. Rhizodegradasi

   Tanaman mengurai kontaminan dengan menggunakan bantuan aktivitas mikroba yang berada di sekitar tanaman tersebut (Nur, 2013).



Gambar 2.1 Mekanisme Proses Fitoremediasi

(*Sumber: Smith, 1998*)

Akar serabut yang dimiliki oleh tanaman dapat mempengaruhi tingkat efektivitas suatu tanaman dalam menyerap zat pencemar seperti tanaman yang mengapung di permukaan air memiliki akar serabut yang lebat dan banyak rambut akar yang memiliki ukuran kurang lebih sama besar keluar dari pangkal akar yang menyebar ke samping dan ke segala arah serta bercabang dengan ukuran percabangan yang tidak terlalu berbeda. Tanaman melati air memiliki akar serabut yang banyak sehingga memungkinkan memiliki kapasitas dalam penyerapan logam berat dan lebih efektif.

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 melati air dapat dijadikan sebagai tanaman fitoremediasi karena memiliki akar serabut dan batang yang berongga besar yang memiliki kemampuan menyuplai oksigen ke akar dalam jumlah yang besar sehingga melati air memiliki kemampuan untuk mengolah kandungan pencemar dalam air (Santriyana, 2013).

2.3.3. Mekanisme Tanaman Mengakumulasi Logam Berat

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman memiliki mekanismenya dan dibagi menjadi tiga tahapan yakni:

1. Penyerapan oleh akar tanaman

   Pada proses ini penyerapan polutan yang diserap oleh tanaman harus memiliki bentuk berupa larutan agar mudah diserap oleh akar tanaman. Senyawa yang dapat larut dalam air akan diserap oleh akar bersamaan dengan air dan untuk senyawa yang bersifat hidrofobik diserap oleh permukaan tanaman itu sendiri.
2. Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain

   Pada proses ini tanaman menyerap polutan kemudian polutan tersebut menembus lapisan endodermis yang terdapat pada akar tanaman lalu dilanjutkan ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (*xylem* dan *floem*) ke bagian tanaman lainnya.
3. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan

   Pada proses ini tanaman yang telah menyerap logam berusaha mencegah keracunan akibat logam terhadap selnya dengan menimbun racun tersebut di dalam organ tertentu seperti pada akar akan ditranslokasikan ke jaringan aerial (antena) dan masuk ke dalam *xylem* dan harus melewati casparian, hal ini berfungsi agar tidak menghambat metabolisme tanaman (Handayani dkk., 2013).

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

2.3.4. Tanaman Hiperakumulator

Tumbuhan yang dapat disebut dengan hiperakumulator yakni tumbuhan yang memiliki kapasitas dalam menurunkan konsentrasi logam yang tinggi di dalam biomassanya (Pandia dkk., 2017). Biomassa tumbuhan dapat dikatakan sebagai total jumlah berat kering yang terdapat pada bagian tumbuhan (Hamilton & King, 1988). Logam berat yang diserap oleh tumbuhan hiperakumulator dapat mencapai 11% biomassa. Setiap logam berat memiliki batas kadar logam di dalam biomassa tumbuhan agar tumbuhan tersebut dapat dikatakan sebagai hiperakumulator. Berikut batas hiperakumulator beberapa logam berat seperti kadar logam berat Cd memiliki batas sebanyak 0,01% (100 mg/kg Berat Kering) sedangkan untuk logam berat Co, Cu, dan Pb memiliki batas sebanyak 0,1% (1.000 mg/kg Berat Kering) serta untuk Zn dan Mn memiliki batas sebanyak 1% (10.000 mg/kg Berat Kering) (Pandia dkk., 2017).

Mekanisme biologis tumbuhan dalam mengakumulasi logam ada beberapa tahap prosesnya:

1. Interaksi rizosferik, dimana proses ini akar tanaman berinteraksi dengan media tumbuh tanman sepeti tanah maupun air. Tumbuhan hiperakumulator memiliki kapasitas dalam melarutkan logam pada rizosfer dan menyerap logam di dalam tanah sehingga penyerapan tumbuhan hiperakumulator memiliki kelebihan daripada penyerapan tumbuhan normal lainnya (McGrath dkk., 1997).
2. Akar yang dimiliki oleh tumbuhan hiperakumulator mempunyai daya selektifitas yang tinggi dalam menyerap unsur logam tertentu (Gabbrielli dkk., 1991).
3. Tumbuhan hiperakumulator memiliki sistem translokasi dari akar ke tajuk yang lebih efisien daripada tumbuhan normal lainnya (Gabbrielli dkk., 1991).

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

Tumbuhan hiperakumulator memiliki karakteristik sebagai berikut: (Brown dkk., 1995).

1. Jaringan akar dan tajuk pada tumbuhan dapat bertahan dengan unsur logam yang memiliki konsentrasi tinggi.
2. Penyerapan unsur logam pada media tanam tanah maupun air memiliki tingkat laju yang tinggi dibanding tanaman lainnya.
3. Akar dan tajuk tumbuhan memiliki laju translokasi yang tinggi dalam mengakumulasi unsur logam. Tumbuhan hiperakumulator memiliki tajuk yang dapat mengakumulasi logam berkonsentrasi tinggi melebihi tingkat konsentrasi pada akar.

Tanaman dalam menyerap unsur logam dapat dipengaruhi oleh faktor seperti konsentrasi total serta bentuk dari unsur logam tersebut yang berada di media tanam. Faktor genetik serta jenis tumbuhan juga dapat mempengaruhi dalam penyerapan logam berat pada akar atau tajuk dengan tingkat yang bervariasi. Tipe jaringan pada tumbuhan serta perlakuan yang diberikan pada media tanam tumbuhan juga dapat mempengaruhi penyerapan unsur logam (Hidayati, 2005).

2.3.5. Melati Air

Habitat melati air biasanya berada di air yang bervariasi. Persebarannya berada di Amerika tengah, lembah Mississippi dan Venezuela. Perkembangannya menggunakan biji dan anakan. Melati air memiliki manfaat sebagai tanaman hias di tepi rawa dan akuarium (Baroroh & Irawanto, 2016).

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 2.2 Melati Air

(Sumber : Dokumentasi pribad,2020)

1. Klasifikasi Tanaman Melati Air

   Tanaman melati air (*Echinodorus Palaefolius*) adalah tanaman yang hidup di dalam air yang tenang.

   Klasifikasi tanaman melati air:

   Kingdom : Plantae (Tumbuhan)

   Subkingdom : Tracheobionta (berpembuluh)

   Superdivisi : Spermatophyta (menghasilkan biji)

   Divisi : Magnoliophyta (berbunga)

   Kelas : Liliopsida (berkeping satu / monokotil)

   Sub-kelas *:* Alismatidae

   Ordo : Alismateles

   Famili : Alismataceae

   Genus : Echinodorus

   Spesies : *Echinodorus palaefolius* (Nees & Mart) J.F.Macbr.

2. Morfologi Tanaman Melati Air

   Tanaman melati air dapat dijadikan sebagai tanaman hias yang hidup menahun berupa perdu. Bunga yang dimiliki oleh tanaman melati air yang indah dan dapat menghasilkan wewangian sehingga tanaman ini dapat dijadikan hiasan di rumah dan terkadang dimanfaatkan oleh industri parfum, kosmetik bahkan farmasi.

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

Morfologi tanaman melati air :

a. Daun

Melati air merupakan tumbuhan akuatik yang berumpun terendam dengan memiliki daun tunggal serta kaku yang berbentuk bulat telur, pangkal berlekuk, ujung membulat, tulang daun menjari banyak dan menonjol ke arah permukaan bawah, permukaan atas kasap serta daun berwarna hijau muda, tepi daun tersebut rata dan merupakan anak tulang daun yang menyatu dari pangkal ke ujung daun (Baroroh & Irawanto, 2016).

b. Bunga

Melati air memiliki bunga yang muncul di tengah-tengah tangkai daun tersusun seperti untaian payung, bunga memiliki kelopak hijau keras dan kecil, memiliki mahkota putih tipis berukuran lebih besar dari kelopaknya, putik dan benang sari berwarna kuning (Baroroh & Irawanto, 2016)

c. Akar

Melati air memiliki akar serabut yang kemungkinan koloid dalam media tanam menempel pada akar tersebut (Kasman dkk., 2018). Akar melati air terdapat pada dasar perairan dan produksinya secara fleksibel.

d. Batang

Melati air memiliki tangkai bersegi membulat kearah pangkal daun yang keras, beralur sepanjang tangkai dan berbintik putih dengan warna dasar hijau muda dengan ukuran panjang tangkai 50-100 cm dan diameter 1-3 cm (Baroroh & Irawanto, 2016).

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. Kandungan dan Kemampuan Penyerapan Tanaman Melati Air

Melati air memiliki kemampuan menyerap dan mengurai polutan yang dapat menurunkan kandungan polutan itu sendiri dengan cukup baik. Melati air mampu menghisap oksigen dan udara melawati daun, batang dan akar yang kemudian dilepaskan kembali ke daerah sekitar perakarannya (*rhizosphere*). Hal ini terjadi lantaran tanaman melati air memiliki ruang antar sel atau lubang saluran udara sebagai media transportasi dari atmosfer ke bagian perakaran. Oksigen yang dilepaskan oleh melati air ini nantinya akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme dalam penguraian bahanorganik (Koesputri & Dangiran, 2016).

Melati air dalam keadaan segar mengandung bahan organik 37,59%, C-organik 21,23%, N total 0,28%, P total 0,0011% dan K total 0,016%. Menurut Rochyati dalam Kurniawati, 2018 dalam tangkai segar tanaman melati air memilki kandungan kimia air 95,6%, abu 0,44%, serat kasar 2,09%, karbohidrat 0,17%, lemak 0,35%, protein 0,16%, fosfor 0,52%, kalium 0,42%, klorida 0,26%, alkanoid 2,22%. Sedangkan dalam keadaan kering mengandung kandungan selulosa 64,51%, pentose 15,61%, silica 5,56%, abu 12% dan lignin 7,69% (Kurniawati, 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

2.3.6. Aklimatisasi

Proses aklimatisasi tanaman melati air dibutuhkan guna pengadaptasian tanaman dengan lingkungan baru agar dapat mengkondisikan tanaman dengan limbah yang akan diolah nantinya (Riyanti dkk., 2019).

Aklimatisasi pada tanaman melati air dilakukan eksperimen terlebih dahulu dengan merendam dan membiarkan tanaman tersebut selama tiga hari dalam sampel limbah untuk mengkondisikan dan memastikan tanaman tidak layu ataupun mati. Kemudian tanaman tersebut dinetralkan kembali selama satu hari sebelum kemudian ditanam pada media yang telah disediakan untuk penelitian (Kasman dkk., 2019).

2.4. Jenis-jenis Reaktor

Perancangan reaktor kimia berfungsi untuk mereaksikan bahan-bahan kimia atau biasa disebut wadah atau tempat untuk mencampur bahan baku menjadi suatu produk. Apabila kandungan bahan kimia yang cukup banyak akan menyebabkan *disintesis* pada skala tertentu tergantung aspek kimia dan desain reaktor kimia. Maka dari itu desainer harus teliti dalam serta memastikan bahwa proses reaksi yang terjadi di reaktor tersebut dapat memperoleh yield tinggi dengan biaya efektif dan menghasilkan produk yang diinginkan (Levensipel, 2016).

1. Reaktor *Batch*

   Reaktor dengan sistem *batch* merupakan sebuah proses dimana semua reaktan dimasukkan secara bersamaan pada awal proses dan produk dikeluarkan pada akhir proses. Pada proses ini semua reagen ditambahkan diawal proses dan tidak ada penambahan reagen kembali ketika proses berlangsung (Hidayat, 2019).

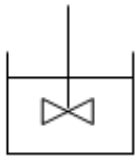
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Keuntungan:

a. Tidak memerlukan biaya lebih untuk membeli peralatan saat pengendalian proses
b. Hasil Analisa dapat dipantau dengan baik
c. Tidak ada pengaruh dari reaktan yang menganggu dalam proses, karena alat langsung dibersihkan setelah proses selesai
d. Pengendalian dilakukan secara manual sehingga dapat menghasilkan produk dengan teliti.

Kerugian:

a. Memerlukan biaya tambahan untuk menggaji karyawan
b. Proses membutuhkan waktu yang lama
c. Proses ini hanya bias dilakukan untuk industri dengan kapasitas kecil



Gambar 2.3 Reaktor Batch

(Sumber : Feriyanto, 2012)

2. Reaktor Kontinu

Menurut Fogler dalam Permadi, 2019 proses kontinu adalah proses dimana reaktan diumpankan ke dalam reaktor serta produk atau pengambilan produk sampingan ketika proses masih berlangsung secara berkelanjutan.

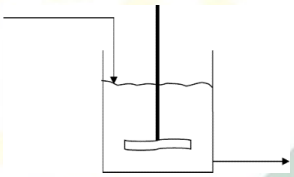
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Keuntungan:

a. Tidak membutuhkan biaya lebih untuk menggaji karyawan guna melakukan pembersihan alat dalam tempo yang singkat
b. Pengendalian dilakukan secara otomatis
c. Prosesnya konstan dan hasilnya pun konstan
d. Kapasitas produksi lebih besar

Kerugian:

a. Membutuhkan alat pengendalian yang tidak murah
b. Modal awal lebih besar
c. Membutuhkan tenaga Quality Control



Gambar2.4 Reaktor Kontinu

(Sumber : Feriyanto, 2012)

2.5. Penelitian Terdahulu

Berikut ini Tabel 2.1 daftar penelitian terdahulu yang digunakan sebagai rujukan dalam penelitian ini:

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 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Tujuan	Hasil
1.	Jenny Caroline dan Guido Arron Moa (2015) "Fitoremediasi logam timbal (Pb) menggunakan melati air (*Echinodorus palaefolius*) pada limbah industri peleburan tembaga dan kuningan"	Untuk mengetahui kemampuan tanaman melati air dalam menurunkan konsentrasi logam timbal (Pb) dalam air limbah industri peleburan tembaga dam kuningan dengan mengukur biomassa tanaman melati air sebelum dan sesudah perlakuan, mengukur kadar timbal (Pb) sebelum dan sesudah perlakuan, menganalisa kemampuan tanaman melati air dalam menyerap timbal (Pb), menganalisa efisiensi penyerapan timbal (Pb) oleh tanaman.	Penelitian ini awalnya melakukan Range Finding Test (RFT) selama 7 hari untuk menentukan konsentrasi air limbah yang dapat diterima oleh tanaman. Pengujian logam timbal (Pb) pada tanaman melati air dilakukan pada hari ke 0 dan 18. Hasil penelitian ini adalah Selama 18 hari waktu pemaparan, biomassa tanaman melati air terbesar diperoleh pada reaktor kontrol yakni sebesar 92,5 %, sedangkan pada reaktor limbah biomassa tanaman sebesar 84,52 %, Konsentrasi logam timbal dalam reaktor limbah mampu diturunkan hingga < 0,0764 mg/L dengan waktu pemaparan selama 18 hari, Tanaman melati air mampu menyerap logam

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

No	Penulis	Tujuan	Hasil
			timbal (Pb) dari reaktor limbah sebanyak 4,87 mg/kg dengan persentase penyisihan 81,72 % dan dari reaktor kontrol sebanyak 6,38 mg/kg dengan persentase penyisihan 86,05 %. Efisiensi penyerapan tertinggi dimiliki oleh tanaman melati air dalam reaktor limbah sebesar 55,97% sedangkan dalam reaktor kontrol sebesar 0%.
2.	Dery Diah Santriyana, Ir. Rita Hayati,M.Si, Ibu Isna Apriani, ST. M.S(2013) "Eksplorasi tanaman fitoremediator aluminium (Al) yang ditumbuhkan pada limbah ipa pdam tirta khatulistiwa Kota Pontianak"	Untuk mengetahui bagaimana potensi dan tingkat keefektifan tanaman eceng gondok, genjer dan melati air dalam mereduksi logam Al pada limbah instalasi pengolahan air minum PDAM Kota Pontianak	Penelitian ini menggunakan tanaman enceng gondok dan genjer dengan ketinggian 15-30 cm dan untuk melati air dengan ketinggian 40 cm. Pada setiap wadah yang digunakan diisi 2-3 tanaman dari masing-masing jenis tanaman. Hasil penelitian ini adalah tingkat rata-rata efektivitas dari masing-masing tanaman dalam menyerap logam Al berturut-turut yaitu 96,46% untuk tanaman melati air, 94,65%

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

No	Penulis	Tujuan	Hasil
			untuk tanaman genjer dan 80,21% untuk tanaman eceng gondok.Tanaman melati air merupakan tanaman yang paling baik dalam menyerap logam Al untuk kasus penurunan kandungan Al pada limbah yang dihasilkan oleh instalasi pengolahan air minum PDAM Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak.
3.	Rizal Awaludin Malik, Wahyu Surakusumah, Hertien Koosbandiah Surtikanti (2016) "Potensi tanaman air sebagai fitoakumulator logam kromium dalam limbah cairtekstil"	Untuk mengetahui apakah tanaman *P. lanceolata* (lavender air), *Z. Aethiopica* (lili air), *E. Palaefolius* (melati air), memiliki potensi untuk digunakan sebagai fitoakumulator logam berat pada proses akhir pengolahan limbah cair tekstil di industri.	Penelitian ini menggunakan parameter pengamatan morfologis berupa nekrosis, klorosis, dan berat basah tanaman parameter kimiawai dilakukan dengan mengamati kadar logam berat kromium pada tanaman dan air limbah. Hasil penelitian ini adalah seluruh tanaman uji mampu mengakumulasi logam kromium dalam tubuhnya. Tanaman *P. lanceolata* dapat mengakumulasi logam kromium sebanyak 4,14 ppm, tanaman *Z. aethiopica* mampu

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

No	Penulis	Tujuan	Hasil
			mengakumulasi sebanyak 6,48 ppm. Tanaman *E. palaefolius* memiliki potensi yang lebih tinggi untuk digunakan sebagai fitoakumulator logam kromium dibandingkan tanaman uji lain karena dapat mengakumulasi logam kromium sebesar 9,64 ppm dan secara morfologis memiliki tingkat regenerasi yang lebih baik dibandingkan dengan dua tanaman lainnya.
4.	M C Perdana, H B Sutanto and G Prihatmo (2018) " *Vertical Subsurface Flow (VSSF) constructed wetland for domestic wastewater treatmen*t"	Untuk membandingkan spesies mana yang lebih direkomendasikan untuk diterapkan dalam mengurangi bahan organic dan nutrisi dalam air limbah domestic.	Penelitian ini menggunakan 4 reaktor yaitu: 1.bak kontrol 2.tanaman *Iris peseudacorus* 3.tanaman *Echinodorus palaefolius* 4.kombinasi antara *Iris peseudacorus* dan *Echinodorus palaefolius* Dengan waktu retensi 3 hari dan parameter yang diamati adalah TDS, pH, BOD5, COD, Nitrat, dan Fosfat.

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

No	Penulis	Tujuan	Hasil
			Hasil penelitian ini menunjukkan nilai rata-rata terbaik dari efektivitas untuk masing-masing parameter 2. COD dengan perlakuan kombinasi 50,76%. 3. BOD oleh *Iris pseudacorus* 30,15% 4. Nitrat oleh *Echinodorus palaefolius* 58,06% 5. Fosfat oleh *Echinodorus palaefolius* 99,5% 6. TDS oleh *Echinodorus palaefolius* 3,25%
5.	Puja Dayanto Wibowo, Rizki Purnaini, Yulisa Fitrianingsih (2014) "Penyisihan Logam Pada Lindi Dengan Sistem *Sub-Surface Constructed Wetland*"	1.Untuk Mengetahui seberapabesar efisiensi penyisihan logam Cu, Zn, dan Fe pada lindi dengan menggunakan sistem *Sub-surface Constructed Wetland* menggunakan tanaman *Cyperus papyrus* dan *Echinodorus palaefolius* 2.Membandingkan besar efisiensi antara tanaman *Cyperus*	1. Efisiensi penyisihan logam Cu, Fe dan Zn pada lindi dalam bak I *Sub-surface Constructed Wetland* dengan tanaman *Echinodorus paleofolius* berdasarkan hasil analisis sampel awal lindi masing-masing sebesar 34.5%, 85.5% dan 94.2% dan pada bak II dengan tanaman *Cyperuspapyrus* masing-masing sebesar -3.4%, 76.4% dan 91.4%. Apabila berdasarkan hasil analisis effluent hari ke-0, maka

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

No	Penulis	Tujuan	Hasil
		papyrus dan *Echinodorus palaefolius* dalam penyisihan logam pada lindi serta menentukan waktu detensi yang efektif untuk menurunkan kadar logam pada lindi dengan sistem *Sub-surface Constructed Wetland*	efisiensi penyisihan logam pada bak I masing-masing sebesar 87.7%, 99.3% dan 95.5% sedangkan pada bak II masing-masing sebesar 75.9%, 98.8% dan 93.4%. 2. Tanaman *Echinodorus paleofolius* mampu menyerap logam Cu, Fe dan Zn dengan efisiensi penyerapan masing-masing sebesar 82.9%, 92.3% dan 90.5%lebih banyak dibandingkan dengan tanaman *Cyperus papyrus* yang memiliki efisiensi penyerapan masing-masing 71.5%, 90.8% dan 87.6%. 3. Waktu detensi yang efektif dalam penurunan logam Cu, Fe dan Zn pada reaktor *Sub-surface Constructed Wetland* dengan tanaman echinodorus paleofolius adalah 6 hari, sedangkan pada reaktor *Sub-surface Constructed Wetland*dengan tanaman *cyperus papyrus* waktu

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

No	Penulis	Tujuan	Hasil
			detensi untuk ketiga logam adalah 9 hari.
6.	Ermina Sari, Martala Sari, Ruadhah Awal, Jumiati, and Anita Sundari (2018) "The Effectiveness of Filter Media and *Echinodorus palaefolius* on Phytoremediation of Leachate"	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas dalam mengurangi kandungan kekeruhan, suhu, TSS, pH dan DO menggunakan media filter PMK + zeolite + *Echinodorus palaefolius.*	Penelitian ini menggunakan 4 perlakuan dan 5 ulangan. Media penanaman seabagi berikut : P_1 = lindi 20 liter P2 = lindi 20 liter + PMK 100%+4 rumpunEchinodorus palaefolius P3 = lindi 20 liter + zeolit 50%+4 rumpun Echinodorus palaefolius P4 = lindi 20 liter + ferrolit 50% + PMK 50% 4 rumpun *Echinodorus palaefolius* Hasil dari penelitian ini adalah efektivitas masing-masing parameter yakni, kekeruhan 95,18%, suhu 4%, TSS 97,47% pH 20,86% dan DO (-) 6660%.
7.	Melyaning Oktaviani Sonya Kirana Sari, Endah Dwi Hastuti, Sri Darmanti (2019) "Potential of Water Jasmine	Untuk mengurangi tingkat kontaminasi logam berat Fe dalam lindi dengan metode	Penelitian ini menggunakan metode *constructed wetlands* dengan media tanam berupa tanah yang berasal dari TPA

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

No	Penulis	Tujuan	Hasil
	(*Echinodorus palaefolius*) In Phytoremediation of Fe in Leachate Jatibarang Landfill"	yang ramah lingkungan	Jatibarang dan lindi dengan rasio 1:1, 10 kg tanah 10 liter lindi, kemudian ditanami dengan 5 tanaman *E.palaefolius.* Pengamatan dilakukan berdasarkan pengaruh waktu kontak akar, batang, dan daun tanaman *E.palaefolius* terhadap absorbansi Fe dalam lindi. Hasil penelitian ini adalah pada 7 DAP penyerapan pada akar mencapai 1,56 mg/kg/hari, pada batang 63,71 mg/kg/hari, pada daun 104 mg/kg/hari. Pada 14 DAP penyerapan pada akar mencapai 829 mg/kg/hari, pada batang 829 mg/kg/hari, pada daun 829 mg/kg/hari. Namun pada 21 DAP penyerapan pada akar mencapai 0,52 mg/kg/hari, pada batang 27,18 mg/kg/hari, pada daun 33,14 mg/kg/hari.
8.	Monik Kasman, Anggrika Riyanti, Salmariza Sy, and	Penelitian ini untuk mengetahui	Hasil dari penelitian ini adalah penyerapan phytoadspor Pb

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

No	Penulis	Tujuan	Hasil
	RTS Suaibatul Aslamia (2019) "Respone Srface Methodology Approach for Analysis of Phytoremediation Process of Pb (II) from Aqueous Solution Using *Echinodorus paleofolius*"	kemampuan *Echinodorus paleofolius*dalam mengurangi Pb (II). Serta efek factor variable dependen termasuk berat tanaman, konsentrasi awal Pb (II) dan waktu kontak serta interkasinya diselediki.	(II) tertinggi menggunakan *Echinodorus paleofolius*terjadi pada akar. Konsentrasi tertinggi akhir Pb (II) yang diadsorpsi oleh akar 2,413 mg/L oleh batang 0,571 mg/L dan pada daun 0,294 mg/L. menurut model 2FI, kondisi optimal diperkirakan pada berat tanaman 2 gram, konsentrasi awal Pb (II) 30 mg/L dan waktu kontak 120 menit. Konsentrasu awal dan waktu kontak adalah factor signifikan yang mempengaruhi proses fitoremediasi.
9.	Hany Handajani, Widanarni, Tatag Budiardi, Mia Setiawati and Sujono (2018) "Phytoremediation of Eel (*Angulia bicolor bicolor*) rearing wastewater using amazon sword (*Echinodorus amazonicus*) and water jasmine (*Echinodorus palaefolius*)	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja fitoremediator *Echinodorus amazonicus* dan *Echinodorus palaefolius* dalam menghilangkan nitrogen anorganik	Penelitian ini menggunakan 3 desain dan 3 re-aplikasiyakni: P1 : *E. amazonicus*, P2 : *E. palaefolius* dan P3 : kontrol (tanpa tanaman). Ikan yang diuji adalan elver dengan berat rata-rata 6,98 ± 0,19 gram dan kepadatan 4 gL-1, ikan dipelihara selama

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

No	Penulis	Tujuan	Hasil
		dan ortofosfat dari air limbah akuakultur dengan system resirkulasi	60 hari. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *E. palaefolius* menurunkan kandungan total ammonia nitrogen 27,10 ± 2,42%, nitrir 45,03% ± 9,77%, nitrat 20,94% ± 1,29% dan ortofosfat 14,19% ± 3,05%.
10.	Mutiara Triwiswara (2019) "Phytoremediation of Batik Industry Effluents using Aquatic Plants (*Equisetum hymale and Echinodorus palaefolius*)"	Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kelayakan fitoremediasi menggunakan beberapa tanaman air untuk mengolah limbah industry batik sebagai alternative yang lebih murah dan sederhana dalam mengolah limbah batik	Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan *Equisetum hymale* dan *Echinodorus palaefolius* di dua reaktor yang berbeda dengan media tanam pasir, kerikil dan karbon aktif dengan sistem batch. Tanaman Equisetum hymale menghilangkan COD dan BOD sampai 86,96% dan 88,53% dalam 14 hari kontak. Sedangakan *Echinodorus palaefolius* menurunkan COD dan BOD 88,22% dan 90,22%

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
METODE PENELITIAN

3.1.Waktu dan Lokasi Penelitian

Penyusunan proposal dilaksanakan mulai bulan Februari 2020 sampai Maret 2020 dan penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2020 sampai Juni 2020 di *Greenhouse*, kemudian untuk pengujian Fe hasil analisis fitoremediasi dilaksanakan di PDAM Surya Sembada Surabaya.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat:

1. 3 buah reaktor terbuat dari kaca dengan panjang 35cm, lebar 15cm, dan tinggi 20cm
2. 18 botol kaca
3. *ICP-OES* (*Inductively Coupled Plasma)*
4. pH meter
5. Thermometer
6. Kertas label
7. Timbangan
8. Jerigen

Bahan:

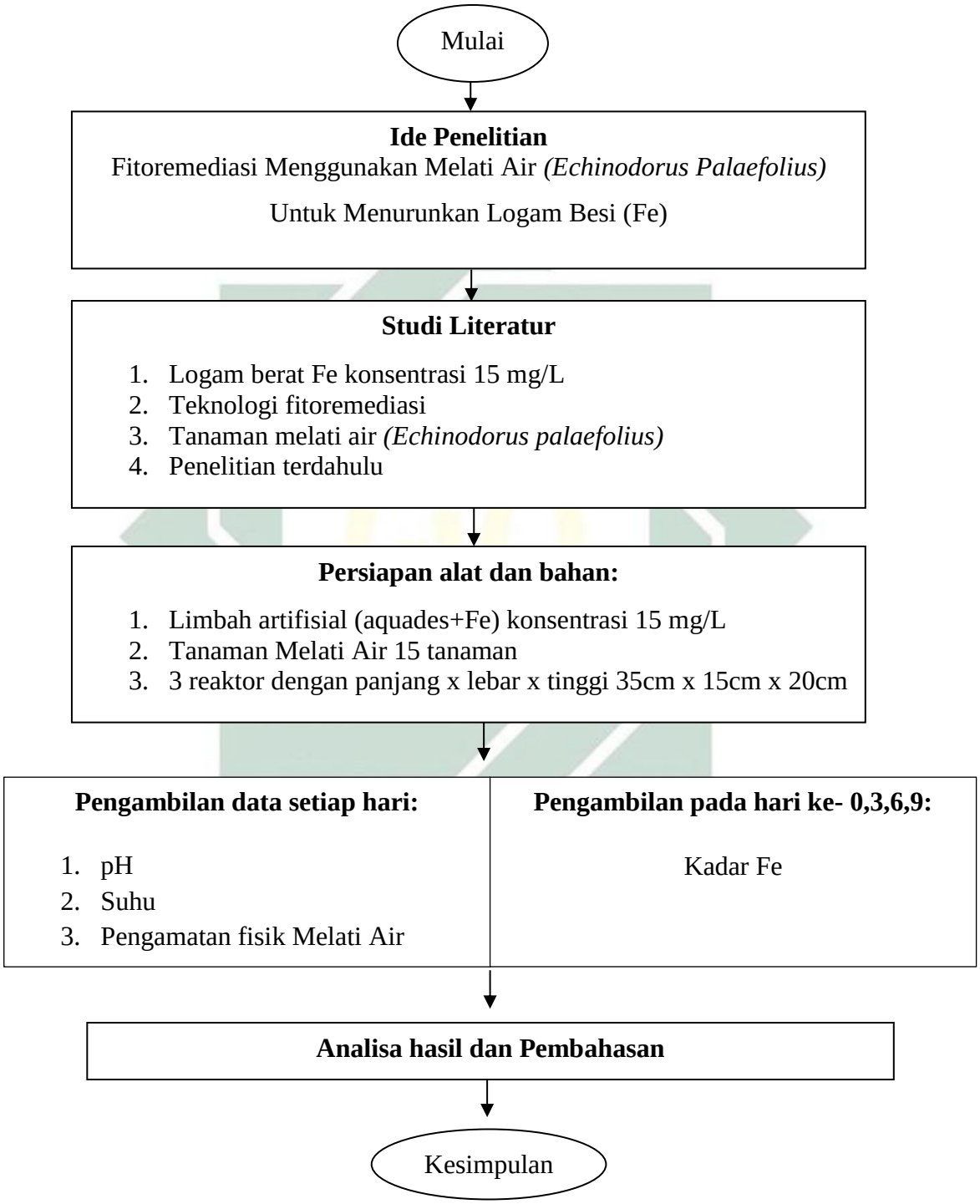
1. Aquades
2. Jumlah 15 tanaman melati air dengan pembagian 6 tanaman dan 9 tanaman pada masing-masing reaktor.
3. Limbah artifisial $FeSO_4.7H_2O$.
4. Melati air yang sudah di identifikasi di LIPI Purwodadi.

3.2.Variabel Penelitian

a. Variabel bebas yaitu jumlah tanaman melati air.
b. Variabel terikat yaitu konsentrasi 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

3.3.Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir 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

Dari Gambar 3.1 diatas, tahapan penelitian diatas dapat dijabarkan sebagai berikut:

3.4.1. Persiapan Bahan

Dalam persiapan ini menggunakan 3 reaktor akuarium yang memiliki Panjang 35 cm lebar 15 cm dan tinggi 20 cm, kapasitas reaktor adalah 10,5 liter dan air limbah dalam reaktor sebanyak 9 liter. Kemudian menyiapkan 9 tanaman melati air dengan berat 50 gram - 100 gram. Tanaman melati air dengan berat 100 gram mampu menurunkan COD, BOD, pH, suhu, dan DO sebesar 76,68% (Apsari dkk., 2018). Menyiapkan limbah artifisial Fe yang nantinya dilarutkan dengan aquades hingga mencapai konsentrasi 15 mg/L.

3.4.2. Proses Aklimatisasi

Tanaman melati air yang digunakan dalam proses fitoremediasi tidak berasal dari benih, melainkan tumbuhan yang sudah tumbuh sebelumnya. Tanaman dipilih dengan berat 50 gram - 100 gram. Aklimatisasi tanaman dilakukan dengan mengadaptasikan tanaman melati air pada kondisi sebelum dilakukannya perlakuan.

Aklimatisasi pada tanaman melati air dilakukan eksperimen terlebih dahulu dengan merendam dan membiarkan tanaman tersebut selama tiga hari dalam sampel limbah untuk mengkondisikan dan memastikan tanaman tidak layu ataupun mati. Kemudian tanaman tersebut dinetralkan kembali selama satu hari sebelum kemudian ditanam pada media yang telah disediakan untuk penelitian (Kasman dkk., 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

3.4.3. Proses Penanaman

Setelah melakukan aklimatisasi pada tanaman, kemudian melati air dibagi menjadi tiga bagian yakni tanpa tanaman,6 tanaman dan 9 tanaman pada setiap reaktor. Pemberian variasi jumlah pada tanaman karena, perlakuan dengan jumlah tanaman dan waktu detensi yang berbeda memberikan pengaruh secara signifikan terhadap penurunan logam berat (Fitra & Rahayu, 2013). Penanaman dilakukan selama 9 hari, pengambilan dilakukan pada hari ke 0,3,6, dan 9. Perlakuan ini dilakukan karena pada penelitian Wibowo dkk (2014) melakukan penelitian selama 9 hari dengan pengambilan sampel pada hari ke 0, 3, 6, dan 9. Pengambilan sampel di setiap reaktor dilakukan secara duplo (dua ulangan) untuk mendapatkan data yang lebih akurat (Amalia dkk., 2013).

Tiap reaktor berisikan limbah artifisial logam berat Fe sebanyak 15 mg/L, pemberian kadar logam Fe sebesar 15mg/L karena dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No 52 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya logam berat Fe memiliki kadar maksimum 10 mg/L. Air limbah dibuat dengan melarutkan serbuk $FeSO_4.7H_2O$ menggunakan aquades. Pembuatan air limbah besi artifisial ini didasarkan pada perhitungan molaritas dan konsentrasi yang diinginkan. Konsentrasi besi yang digunakan pada penelitian ini sebesar 15 mg/L. Terlebih dahulu yang harus dibuat adalah larutan induk besi 1000 mg/L. Berikut pembuatan larutan induk besi 1000 mg/L dari serbuk $FeSO_4.7H_2O$.

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

Diketahui:

Ar . Fe = 56

Mr . $FeSO_4.7H_2O$ = 278

Volume 500 mL

Kemurnian = 99%

$$M = \frac{n}{v}$$

$$M = \frac{gr}{Ar.Fe\ .L}$$

$$M = \frac{gr}{56\ L}$$

$$\frac{gr}{L} = 0{,}0178\ M$$

Larutan induk Fe yang akan dibuat molaritasnya 0,0178 M

$$M = \frac{gr}{\text{Mr}\ .FeSO4.7\text{H2O}}\ x\ \frac{1000}{mL}$$

$$0{,}0178\ M = \frac{gr}{278}\ x\ \frac{1000}{500}$$

$$gr = \frac{0{,}0178\ x\ 278}{2}$$

$$= 2{,}5\ gram = \frac{2{,}5\ g}{0{,}99}$$

$$= 2{,}5\ gram\ FeSO4.7\text{H2O}$$

Jadi jumlah serbuk $FeSO_4.7H_2O$ yang dibutuhkan sebesar 2,5 gram untuk dilarutkan ke dalam 500 mL aquades. Setelah itu untuk membuat sampel air limbah 15 mg/L, larutan induk diencerkan lagi dengan aquades.

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

$$C_1 . V_1 = C_2 . V_2$$

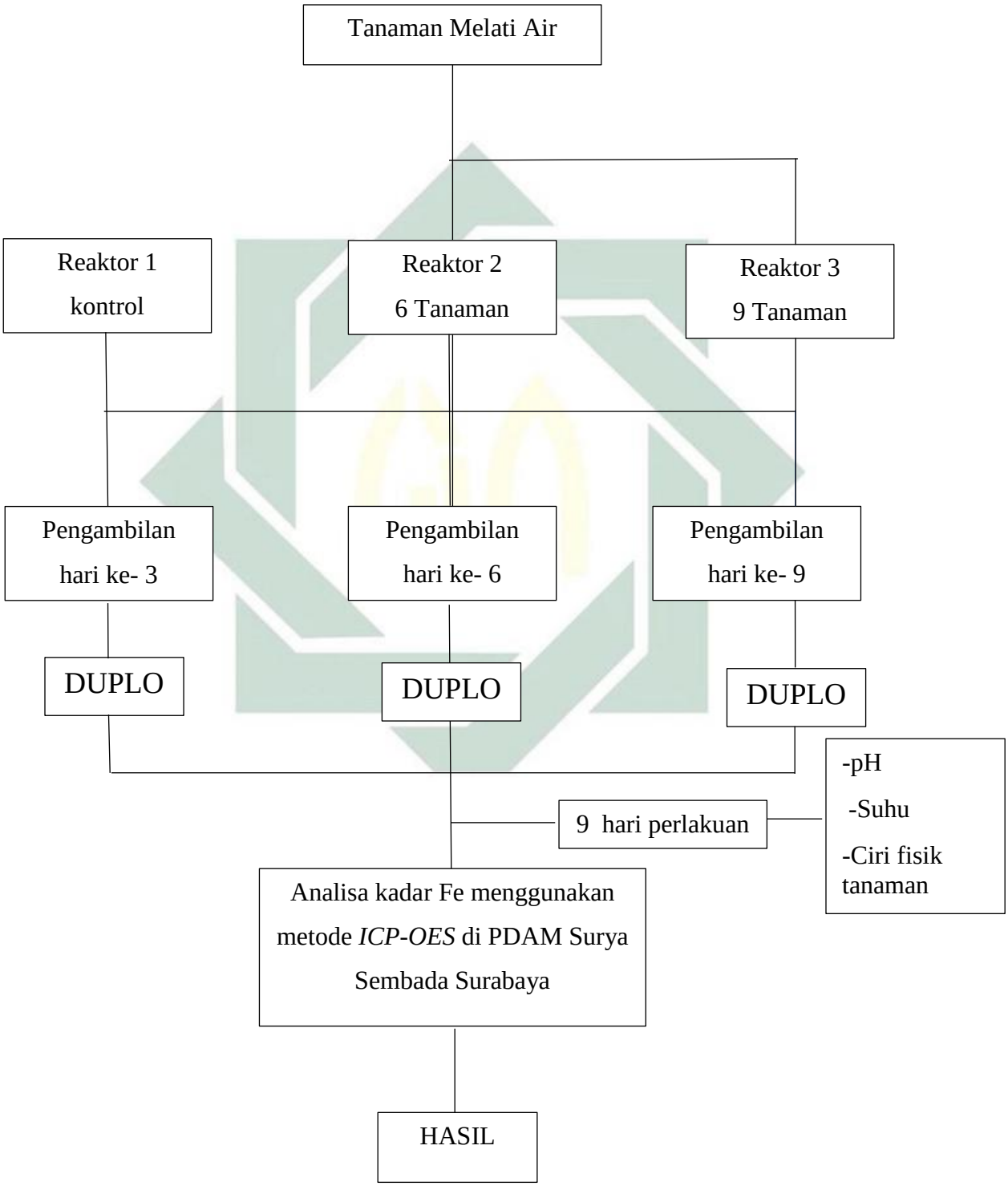
$$1000 \frac{mg}{l} . V_1 = 15 \frac{mg}{l} . 9000\ mL$$

$$V_1 = \frac{15 \frac{mg}{l} . 9000\ mL}{1000 \frac{mg}{l}} = 135\ mL$$

Jadi untuk membuat 9 liter limbah Fe15 mg/L dibutuhkan larutan induk sebanyak 135 mL. Jumlah limbah yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebanyak 9 liter setiap reaktor.

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

3.4.4. Kerangka 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

3.4.5. Perlakuan

Dalam penelitian ini dilakukan dengan memasukkan sampel uji ke dalam reaktor masing-masing 9 liter, kemudian memasukkan tanaman yang sudah diaklimatisasi ke dalam reaktor yang telah diisi air limbah dengan jumlah tanaman masing-masing 0 (tanpa tanaman), 6 dan 9 tanaman. Kondisi fisik tanaman yang digunakan adalah memiliki daun yang berwarna hijau, batang yang kaku dengan berat 50 gram -100 gram. Pada proses fitoremediasi ini menggunakan sistem *batch*.

3.4.6. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada hari ke-0, 3, 6, dan 9. Pengujian sampel dilakukan di PDAM Surya Sembada Surabaya untuk pengukuran logam berat besi (Fe) dengan menggunakan Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES). Selain itu juga mengukur pH dan suhu. Apabila pH lebih rendah atau tinggi dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan, dan suhu dapat mempengaruhi kehidupan di dalam air sehingga suhu dapat mempengaruhi oksigen di dalam air.

1. Pengukuran pH

Adapun pengukuran pH yaitu dilakukan setiap hari dan menggunakan kertas pH dengan prosedur sebagai berikut:

a. Menyiapkan pH meter yang akan digunakan.
b. Memasukkan pH meter ke dalam reaktor yang berisi sampel.
c. Mendiamkan sampai pengukuran konstan.

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. Pengukuran Suhu

Adapun pengukuran suhu pada air tanah dilakukan setiap hari dengan menggunakan alat thermometer. Sebagaimana prosedur sebagai berikut:

a. Menyiapkan thermometer yang akan digunakan.
b. Memasukkan thermometer ke dalam reaktor berisi sampel.
c. Mendiamkan sampai pengukuran konstan.

3. Data **sekunder**

Data pada penelitian ini yaitu data yang diperoleh dari sumber lain seperti jurnal, thesis, skripsi, buku dan penelitian terdahulu atau badan/organisasi 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

3.4.Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan ini memiliki variabel bebas yaitu jumlah tanaman dan pengambilan sampel. Adapun kombinasi dari kedua variabel di tampilkan pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Kombinasi Variabel

	X_1	X_2	X_3
Y_1	X_1,Y_1	X_2,Y_1	X_3,Y_1
Y_2	X_1,Y_2	X_2,Y_2	X_3,Y_2
Y_3	X_1,Y_3	X_2,Y_3	X_3,Y_3
Y_4	X_1,Y_4	X_2,Y_4	X_3,Y_4

X = Jumlah tanaman

X_1= Kontrol, X_2= 6 Tanaman, X_3= 9 Tanaman

Y = Jumlah pengambilan sampel

Y_1= hari ke 0, Y_2= hari ke 3, Y_3= hari ke 6, Y_4= hari ke 9

X_1,Y_1 = Kontrol dengan pengambilan sampel di hari ke-0

X_1,Y_2 = Kontrol dengan pengambilan sampel di hari ke-3

X_1,Y_3 = Kontrol dengan pengambilan sampel di hari ke-6

X_1,Y_4 = Kontrol dengan pengambilan sampel di hari ke-9

X_2,Y_1 = 6 tanaman dengan pengambilan sampel di hari ke-0

X_2,Y_2 = 6 tanaman dengan pengambilan sampel di hari ke-3

X_2,Y_3 = 6 tanaman dengan pengambilan sampel di hari ke-6

X_2,Y_4 = 6 tanaman dengan pengambilan sampel di hari ke-9

X_3,Y_1 = 9 tanaman dengan pengambilan sampel di hari ke-0

X_3,Y_2 = 9 tanaman dengan pengambilan sampel di hari ke-3

X_3,Y_3 = 9 tanaman dengan pengambilan sampel di hari ke-6

X_3,Y_4 = 9 tanaman dengan pengambilan sampel di hari ke-9

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

Dari setiap kombinasi perlakuan pada proses fitoremediasi selama 9 hari dengan rincian pengambilan sampel sebanyak 100 mL dengan 2 kali pengulangan (duplo) pada setiap reaktor dengan jumlah keseluruhan yaitu sebayak 18 sampel yang ditampilkan sebagai berikut:

H0 *1	H0 *2	H0 *1	H0 *2	H0 *1	H0 *2
H3 *1	H3 *2	H3 *1	H3 *2	H3 *1	H3 *2
H6 *1	H6 *2	H6 *1	H6 *2	H6*1	H6 *2
H9 *1	H9 *2	H9 *1	H9 *2	H9 *1	H9 *2

Gambar 3.2 Layout Sampel

Keterangan :

= Kontrol (tanpa tanaman)

= Variasi 6 tanaman

= Variasi 9 tanaman

H0 = Hari ke 0 pengambilan sampel

H3 = Hari ke 3 pengambilan sampel

H6 = Hari ke 6 pengambilan sampel

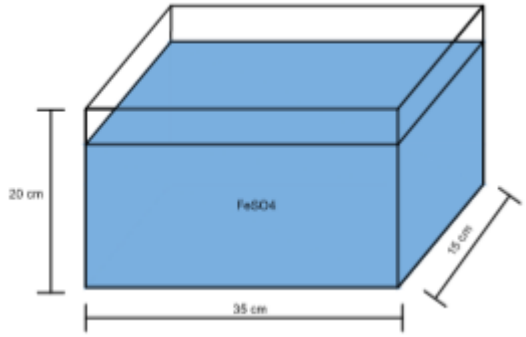
H9 = Hari ke 9 pengambilan sampel

*1 = pengulangan 1

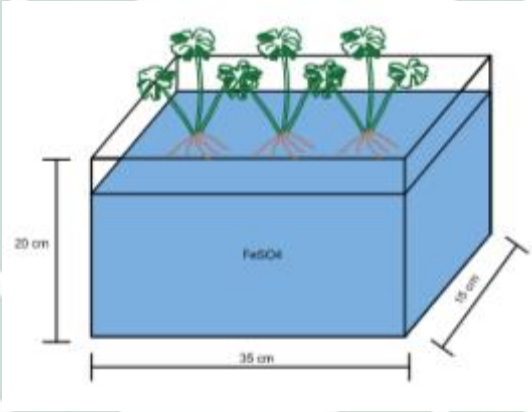
*2 = pengulangan 2

Berikut gambar rancangan percobaan penelitian dibawah ini:

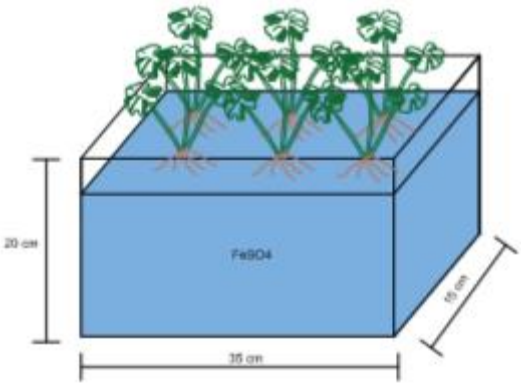
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.3 Reaktor 1



Gambar 3.4 Reaktor 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 3.5 Reaktor 3

3.5.Analisis Data

Untuk analisis data perubahan ciri fisik dilakukan dengan mendokumentasi tanaman selama penelitian berlangsung. Untuk uji efisiensi *removal* logam besi (Fe) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Efisiensi(EF) = \frac{(co - ct)}{co}\ x\ 100\%$$

Keterangan :

Ef : efisiensi variasi tanaman melati air *(Echinodorus palaefolius*)

Co : konsentrasi awal sampel

Ct : konsentrasi akhir sampel

Setelah itu untuk analisa logam besi (Fe) dalam air dilakukan dengan menggunakan alat Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) yang dilakukan di PDAM Surya Sembada Surabaya kemudian data tersebut dilakukan uji statistik parametrik Anova terlebih dahulu.

Namun untuk menggunakan uji Anova harus memenuhi beberapa syarat seperti data tersebut harus berdistribusi normal yakni menggunakan uji normalitas dengan uji Shapiro Wilk standart signifikan apabila nilainya >0,05 maka distribusi data dinyatakan memenuhi asumsi normalitas, dan jika nilainya <0,05 maka diinterpretasikan sebagai tidak normal (Telussa dkk., 2013)

Apabila data tersebut berdistribusi normal maka dilanjutkan dengan uji homogenitas yang berfungsi untuk uji parametis yang menguji perbedaan

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

antara kedua kelompok atau beberapa kelompok yang berbeda subjeknya atau sumber datanya, apabila data tersebut homogen dilanjutkan dengan uji *one way* anova untuk menguji apakah ada perbedaan rata-rata pada dua kelompok data dengan nilai signifikan <0,05. Apabila data tersebut tidak homogen maka akan dilakukan uji Kruskal wallis guna mengetahui perbedaan setiap perlakuan. Hipotesis penelitian merupakan jawaban sementara untuk suatu masalah yang bersifat praduga karena belum diketahui kebenarannya.Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah :

(H0) = tidak ada perbedaan reduksi Fe berdasarkan variasi jumlah tanaman

(H1) = ada perbedaan reduksi Fe berdasarkan variasi jumlah tanaman.

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

Penelitian ini menggunakan tanaman melati air yang memiliki berat 50 gram- 100 gram. Tanaman yang telah dipilih tersebut kemudian dilanjutkan dengan proses aklimatisasi terhadap tanaman melati air guna penyesuaian melati air terhadap lingkungan yang baru. Proses aklimatisasi dilakukan selama 4 hari dengan menggunakan air yang mengandung Fe selama 3 hari kemudian mengganti air tersebut dengan air bersih guna menetralkan sebelum ditanam untuk penelitian. Air yang digunakan adalah sebanyak 9 liter masing-masing tiap bak berisi 6 tanaman dan 9 tanaman.

Aklimatisasi pada tanaman melati air dilakukan eksperimen terlebih dahulu dengan merendam dan membiarkan tanaman tersebut selama tiga hari dalam sampel limbah untuk mengkondisikan dan memastikan tanaman tidak layu ataupun mati. Kemudian tanaman tersebut dinetralkan kembali selama satu hari sebelum kemudian ditanam pada media yang telah disediakan untuk penelitian (Kasman dkk., 2019).

1. Aklimatisasi Hari Ke-1

Pada hari pertama aklimatisasi kondisi tanaman melati air pada bak yang berisi 6 tanaman maupun 9 tanaman yakni beberapa daun tanaman melati air yang semula melebar menjadi mengkerut dan mengering sebagian namun masih berwarna hijau, batang tanaman melati air masih berwarna hijau dan kaku. Suhu air pada setiap bak yakni 30°C. Adapun kondisi tanaman pada hari pertama disajikan 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 Aklimatisasi Tanaman Melati Air Pada Hari Ke-1

(*Sumber: Data Primer, 2020*)

2. Aklimatisasi Hari Ke-2

Pada hari kedua aklimatisasi kondisi tanaman melati air pada bak yang berisi 6 tanaman maupun 9 tanaman yakni beberapa daun tanaman melati air mengering sebagian berwarna kuning kecoklatan, batang tanaman melati air masih berwarna hijau dan kaku. Suhu air pada setiap bak yakni 31°C. Adapun kondisi tanaman pada hari pertama disajikan 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 Aklimatisasi Tanaman Melati Air Pada Hari Ke-2

(*Sumber: Data Primer, 2020*)

3. Aklimatisasi Hari Ke-3

Pada hari ketiga aklimatisasi kondisi tanaman melati air pada bak yang berisi 6 tanaman maupun 9 tanaman yakni beberapa daun tanaman melati air yang mengering tersebut berubah menjadi berwarna kuning kecoklatan, batang tanaman melati air masih berwarna hijau dan kaku. Suhu air pada setiap bak yakni 30°C. Adapun kondisi tanaman pada hari pertama disajikan pada Gambar 4.3.

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

Gambar 4.3 Aklimatisasi Tanaman Melati Air Pada Hari Ke-3

(*Sumber Data Primer, 2020*)

4. Aklimatisasi Hari Ke-4

Pada hari keempat aklimatisasi kondisi tanaman melati air pada bak yang berisi 6 tanaman maupun 9 tanaman yakni beberapa daun tanaman melati air mengering tersebut berubah menjadi berwarna kuning kecoklatan, batang tanaman melati air masih berwarna hijau dan kaku. Suhu air pada setiap bak yakni 30°C. Adapun kondisi tanaman pada hari pertama disajikan pada Gambar 4.4.

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

Gambar 4.4 Aklimatisasi Tanaman Melati Air Pada Hari Ke-3

(*Sumber: Data Primer, 2020*)

4.2. Uji Fitoremediasi Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*)

Tahap selanjutnya setelah proses aklimatisasi yakni uji fitoremediasi tanaman melati air dimana masing-masing reaktor dilakukan pembagian 6 tanaman dan 9 tanaman, setiap reaktor berisikan limbah artifisial Fe dengan konsentrasi 15 ppm. Berikut analisis morfologi tanaman ditunjukkan pada Tabel 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

Tabel 4.1 Analisis Morfologi Tanaman

Hari ke-	Keadaan Tanaman		Gambar	
	6 Tanaman	9 Tanaman	6 Tanaman	9 Tanaman
1	Pada hari ke-1 pengamatan beberapa daun melati air mengering dan berwarna kuning kecoklatan pada bagian pinggir daun, salah satu daun berwarna hitam pada pinggiran daun, beberapa daun mulai tumbuh. Batang melati air terlihat kaku dan berwarna hijau, akar tanaman melati air berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 7,5 dengan suhu air 30°C.	Pada hari ke-1 pengamatan beberapa daun melati air mengering dan berwarna kuning kecoklatan pada bagian pinggir daun, keadaan ini daun yang berubah fisiknya tidak sebanyak seperti pada reaktor yang berisi 6 tanaman. Salah satu daun ada yang berubah berwarna hijau kekuningan. Batang melati air terlihat kaku dan berwarna hijau, akar tanaman melati air berwarna	 **Gambar 4.5** Melati Air hari ke- 1 (*Sumber: Data Primer, 2020*)	 **Gambar 4.6** Melati Air hari ke- 1 (*Sumber: Data Primer, 2020*)

		putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 6,3 dengan suhu air 30°C.		
2	Pada hari ke-2 beberapa daun tanaman melati air mengering seperti pada hari ke-1 dan tidak ada perubahan namun daun baru semakin tumbuh segar. Batang melati air terlihat kaku dan berwarna hijau, akar tanaman melati air berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 5,4dengan suhu air 31°C.	Pada hari ke-2 beberapa daun melati air mengering seperti pada hari ke-1 namun daun yang berwarna hijau kekuningan berubah menjadi menguning. Batang melati air terlihat kaku dan berwarna hijau, akar tanaman melati air berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 5,7 dengan suhu air 31°C.	**Gambar 4.7** Melati Air hari ke- 2 (*Sumber: Data Primer, 2020*)	**Gambar 4.8** Melati Air hari ke- 2 (*Sumber: Data Primer, 2020*)

3	Pada hari ke-3 beberapa daun melati air mengering seperti pada hari ke-1 dan ke-2 tidak ada perubahan namun daun baru mulai bermunculan. Batang melati air terlihat kaku dan berwarna hijau, akar tanaman melati air berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 5,5 dengan suhu air 28°C.	Pada hari ke-3 beberapa daun mengering dan beberapa daun yang awalnya berwarna hijau berubah menjadi hijau kekuningan untuk daun yang telah menguning berubah menjadi kuning kecoklatan. Batang melati air terlihat kaku dan berwarna hijau, akar tanaman melati air berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 5,9 dengan suhu air 28°C.	**Gambar 4.9** Melati Air hari ke- 2 (*Sumber: Data Primer, 2020*)	**Gambar 4.10** Melati Air hari ke- 2 (*Sumber: Data Primer, 2020*)

4	Pada hari ke-4 beberapa daun melati air mulai berubah warna menjadi hijau kekuningan, bertambahnya daun yang berwarna kehitaman pada pinggiran daun, penambahan tersebut juga terjadi pada daun yang berwarna kecoklatan. Namun seluruh batang melati air masih terlihat berwarna hijau dan kaku, akar tanaman melati air berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 5,1 dengan suhu air 31°C.	Pada hari ke-4 pada daun melati air yang berwarna hijau kekuningan semakin bertambah serta berubahnya daun yang menguning berubah menjadi kering kecoklatan. Batang melati air terlihat kaku dan berwarna hijau, akar tanaman melati air berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 5,9 dengan suhu air 31°C.	 **Gambar 4.11** Melati Air hari ke- 4 (*Sumber: Data Primer, 2020*)	 **Gambar 4.12** Melati Air hari ke- 4 (*Sumber: Data Primer, 2020*)

5	Pada hari ke-5 tidak ada perubahan pada daun yang menguning, daun yang berwarna hitam dan daun yang mengeringberwarna kecoklatantersebut. Keseluruhan batang melati air masih berwarna hijau dan kaku, akar tanaman melati air berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 5,0 dengan suhu air 29°C.	Pada hari ke-5 adanya penambahan daun yang berwana hijau kekuningan, hal tersebut juga dialami oleh daun yang berwarna hijau kekuningan berubah menjadi kuning dan daun yang hari sebelumnya menguning berubah menjadi mengering kecoklatan. Batang melati air terlihat kaku dan berwarna hijau, akar tanaman melati air berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 5,8 dengan suhu air 29°C.	 **Gambar 4.13** Melati Air hari ke- 5 (*Sumber: Data Primer, 2020*)	 **Gambar 4.14** Melati Air hari ke- 5 (*Sumber: Data Primer, 2020*)

6	Pada hari ke-6 daun yang berwarna kehitaman berubah menjadi kecoklatan, daun yang berwarna hijau berubah menjadi kuning kecoklatan pada bagian ujung dan pinggaran daun. Batang keseluruhan melati air masih berwarna hijau dan kaku, akar tanaman melati air berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 5,2 dengan suhu air 29°C.	Pada hari ke-6 salah satu daun yang berwarna kekuningan berubah warna menjadi kecoklatan. Batang pada melati air tetap berwarna hijau dan kaku, akar tanaman melati air berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 5,9 dengan suhu air 29°C.	**Gambar 4.15** Melati Air hari ke- 6 (*Sumber Data Primer, 2020*)	**Gambar 4.16** Melati Air hari ke- 6 (*Sumber: Data Primer, 2020*)
7	Pada hari ke-7 tidak ada perubahan pada setiap daun yang berwarna kekuningan danberwarna kecoklatan. Batangnya pun masih berwarna hijau dan kaku	Pada hari ke-7 beberapa daun yang berwarna hijau muncul bercak kecoklatan pada bagian tengah daun, batang pada daun lainnya tetap berwarna hijau dan		

	serta akar tanaman melati air berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 5,7 dengan suhu air 32°C.	kaku, akar tanaman melati air berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 6,3 dengan suhu air 32°C.	 **Gambar 4.17** Melati Air hari ke- 7 (*Sumber: Data Primer, 2020*)	 **Gambar 4.18** Melati Air hari ke- 7 (*Sumber: Data Primer, 2020*)
8	Pada hari ke-8 tidak ada perubahan maupun penambahan daun yang berubah warna, batang tanaman tersebut juga masih terlihat hujau dan kaku, akarnya pun berwarna putih dan panjang. pH air	Pada hari ke-8 tidak ada perubahan maupun penambahan daun yang berubah warna, batang tanaman tersebut juga masih terlihat hujau dan kaku, akarnya pun berwarna putih dan panjang. pH air	 **Gambar 4.19** Melati Air hari ke- 8 (*Sumber: Data Primer, 2020*)	 **Gambar 4.20** Melati Air hari ke- 8 (*Sumber: Data Primer, 2020*)

	menunjukkan angka 5,3 dengan suhu air 31°C.	menunjukkan angka 6,3 dengan suhu air 31°C.		
9	Pada hari ke-9 tidak ada perubahan maupun penambahan daun yang berubah warna, batang tanaman tersebut juga masih terlihat hujau dan kaku, akarnya pun berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 5,3 dengan suhu air 30°C	Pada hari ke-9 tidak ada perubahan maupun penambahan daun yang berubah warna, batang tanaman tersebut juga masih terlihat hujau dan kaku, akarnya pun berwarna putih dan panjang. pH air menunjukkan angka 6,1 dengan suhu air 30°C	**Gambar 4.21** Melati Air hari ke- 9 (*Sumber: Data Primer, 2020*)	**Gambar 4.22** Melati Air hari ke- 9 (*Sumber: Data Primer, 2020*)

Proses fitoremediasi pada penelitian ini menggunakan sistem *batch* dimana perlakuan pada tanaman melati air dilakukan dengan cara mendiamkan tanaman melati air tersebut ke dalam reaktor yang berisikan limbah artifisial Fe dengan konsentrasi 15,17mg/L selama kurun waktu 9 hari kerja dan dilakukan pengamatan pada hari ke- 0,3,6, dan 9 untuk kadar besi (Fe) dan setiap hari melakukan pengecekan pH serta suhu air. Hasil fisik yang didapatkan di lapangan menyatakan bahwa tanaman melati air mengalami perubahan morfologi. Proses aklimatisasi pada tanaman melati air telah mengakibatkan perubahan pada bagian daun tanaman, perubahan tersebut yakni meliputi daun yang semula berwarna hijau kemudian mengering dan menjadi berwarna coklat. Proses uji tanaman melati air pada hari ke-1 perlakuan dengan limbah Fe konsnetrasi 15,17 mg/L tersebut mengalami perubahan pada daun dan batang tanaman. Satu persatu daun melati air berubah warna secara bertahap, perubahan warna pada daun tersebut meliputi daun berubah menjadi kekuningan dan kecoklatan hal ini disebut dengan gejala klorosis hal ini diduga akibat adanya aktivitas kimiawi antara tanaman dengan air yang mengandung senyawa Fe.

Gejala klorosis pada tumbuhan disebabkan oleh pemaparan logam berat yang terlalu lama dan mengakibatkan penghambatan pada sintesis klorofil. Gejala klorosis dapat juga diakibatkan apabila logam berat tersebut menghambat kerja enzim yang mengkatalis sintetis klorofil (Suhadiyah & Umar, 2016). Perubahan warna pada daun melati air yang menjadi kuning kecoklatan diduga tanaman tersebut mengalami toksistas yang diakibatkan oleh aktivitas abiotik dari zat pencemar (Caroline & Moa, 2015).

Volume air yang berada pada reaktor yang berisi 6 tanaman dan 9 tanaman mengalami penurunan dari hari ke hari. Penurunan volume air tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan serta kebutuhan air yang diperlukan oleh tanaman.

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

Secara teori apabila dalam suatu area semakin banyak jumlah tanaman, maka semakin meningkat pula kebutuhan air yang diperlukan untuk tanaman tersebut (Anam dkk., 2013).

Pada proses fitoremediasi menunjukkan penurunan pada setiap reaktor. Berikut ini hasil analisis kadar Fe pada proses fitoremediasi ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Analisis Kadar Fe pada Proses Fitoremediasi

Hari Ke-	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
0	15,17 mg/L	15,17 mg/L	15,17 mg/L
3	13,45 mg/L	0,8281 mg/L	0,2723mg/L
3	13,45 mg/L	0,4066 mg/L	0,1757mg/L
Rata-rata	13,45 mg/L	0,617 mg/L	0,224 mg/L
6	11,76 mg/L	0,242 mg/L	0,0933 mg/L
6	11,75 mg/L	0,0166 mg/L	0,0834 mg/L
Rata-rata	11,75 mg/L	0,129 mg/L	0,089 mg/L
9	11,20 mg/L	2,783 mg/L	0,1357 mg/L
9	11,75 mg/L	0,1113 mg/L	0,0823 mg/L
Rata-rata	11,48 mg/L	1,44 mg/L	0,108 mg/L

(Sumber: *Data Primer, 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

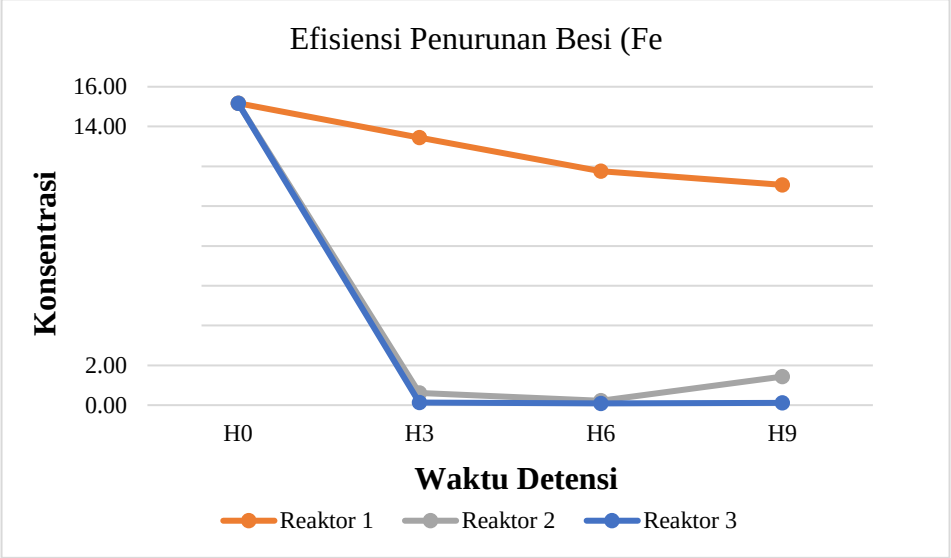
Dari tabel diatas menunjukkan bahwa pada reaktor yang berisikan tanaman melati air mampu menurunkan konsentrasi yang awalnya melebihi baku mutu yakni 15,17 mg/L menjadi dibawah baku mutu yang telah diatur pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No 52 Tahun 2014 menyatakan bahwa baku mutu air limbah Fe yakni sebesar 10 mg/L dimana reaktor yang memiliki variasi jumlah 6 tanaman mampu menurunkan konsentrasi Fe sampai 0,242 mg/Ldan variasi jumlah 9 tanaman mampu menurunkan konsentrasi Fe sampai 0,0933 mg/L meskipun kedua reaktor ini mengalami kenaikan pada hari terakhir pemaparan.

Penelitian ini menunjukkan hasil yang efisien pada penurunan nilai kadar logam berat Besi (Fe) di dalam air pada reaktor yang diberi perlakuan dengan tanaman melati air daripada reaktor kontrol

4.3. Kadar Logam Besi (Fe) pada Air

Pada proses fitoremediasi menggunakan variasi jumlah tanaman melati dalam menurunkan logam berat Besi (Fe) memberikan hasil penurunan yang berbeda-beda pada setiap reaktornya. Berikut ini hasil efisiensi dari penurunan logam Fe ditunjukkan pada Gambar 4.23 di bawah ini:

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 4.23 Efisiensi Penurunan Besi (Fe)

(Sumber: *Data Primer, 2020)*

Pada gambar 4.5 diatas menunjukkan bahwa konsentrasi akhir logam berat besi pada reaktor 1, reaktor 2 dan reaktor 3 berturut-turut adalah 11,07 mg/L, 1,44 mg/L, dan 0,11 mg/L.Penyisihan konsentrasi besi pada reaktor uji lebih besar dibandingkan dengan penurunan besi pada reaktor kontrol, hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan mempunyai peranan penting dalam menurunkan zat pencemar. Pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No 52 Tahun 2014 menyatakan bahwa baku mutu air limbah Fe yakni sebesar 10 mg/L. Penurunan konsentrasi yang terjadi pada reaktor uji menunjukkan bahwa adanya penyerapan logam pada tanaman melati air.

Penurunan tersebut membuktikan bahwa tanaman melati air merupakan tanaman hiperakumulator yang mampu menyerap logam berat besi dalam air. Tanaman melati air menyerap logam berat besi tersebut melalui akar yang langsung bersinggungan dengan media tumbuh yang telah terkontaminasi oleh Fe serta akar tanaman melati air memiliki volume perakaran yang banyak, logam Fe pada akar tersebut kemudian didistribusikan ke daun melalui batang.

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

Akar yang dimiliki oleh tanaman melati air mampu menyerap logam berat Fe dikarenakan akar dan batang tanaman tersebut terendam oleh media air yang dapat menyerap bahan-bahan yang terkandung di dalam media air. Tanaman melati air memiliki kemampuan menstabilkan logam berat Fe pada sistem perakarannya serta akar tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam berat Fe dan mengakumulasikan ke dalam jaringan tubuhnya (Nisma & Budi, 2008).

Tanaman melati air mampu menghisap oksigen dan udara melalui daun, batang dan akar tersebut yang kemudian dilepaskan kembali menuju daerah perakaran (*rhizosphere*). Tanaman melati air memiliki ruang antar sel atau lubang saluran udara sebagai alat transportasi oksigen ke bagian perakaran. Oksigen ini nantinya akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme dalam mengurai bahan organik (Sasono, 2013).

Proses penyerapan Fe yang dilakukan oleh akar tanaman disebut dengan *rhizofiltrasi*. Akar pada tumbuhan mengeluarkan senyawa organik dan enzim yang disebut dengan eksudat akar yang menyebabkan lingkungan rhizosfer sangat baik untuk pertumbuhan mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut dapat mempercepat proses *rhizofiltrasi*. Logam dengan bentuk ion-ion logam dapat larut dalam lemak dan mampu melakukan penetrasi di dalam membran sel sehingga ion-ion logam tersebut akan terakumulasi di dalam sel dan jaringan tumbuhan. Logam yang berikatan dengan enzim katalisator mampu masuk ke dalam sel dan mengganggu reaksi kimia yang terjadi pada sel. Gangguan ini biasanya terjadi pada jaringan epidermis, palisade dan sponsa. Hal ini ditandai dengan terjadinya nekrosis dan klorosis pada tumbuhan (Haryati dkk., 2012).

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

Upaya dalam mencegah keracunan logam terhadap sel dan jaringan, tumbuhan memiliki mekanisme detoksifikasi misalnya menimbun logam tersebut di dalam organ tertentu seperti akar. Pengumpulan logam ke dalam sau organ tumbuhan merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tumbuhan. Logam tersebut melewati berbagai sel pada tumbuhan yakni plasmalema, sitoplasma, dan vakuola. Logam tersebut akan mengalami lokalisasi atau akumulasi di dalam vakuola. Bagian vakuola pada sel tumbuhan memiliki fungsi menjaga logam berat tersebut tidak menghambat metabolisme tumbuhan sehingga logam tidak berhubungan dengan proses fisiologi pada sel tumbuhan. Pada jaringan akar, logam tersebut masuk ke dalam korteks dan diakumulasi di dekat endoderm. Endoderm sendiri berperan sebagai partial barrier terhadap pemindahan logam dari akar (Irawanto dkk., 2015).

Penyerapan logam berat oleh tanaman dilakukan pertama kali oleh akar kemudian menuju ke batang dan daun. Penyerapan unsur-unsur tersebut dilakukan dengan penyerapan akar melalui membran sel secara osmosis selajutnya diangkut oleh xylem dan floem ke bagian tumbuhan lain seperti batang dan daun (Umroh, 2011).

Proses masuknya logam berat ke dalam jaringan tumbuhan melalui xylem ke semua bagian tumbuhan sampai ke daun dengan cara penempelan partikel logam berat pada daun dan masuk ke dalam jaringan stomata. Pengeluaran ion toksik selain terjadi pada daun juga terjadi di akar dengan menarik ion-ion secara aktif melalui *xylem* untuk kembali ke *xylem* parenkim yang kemudian dilepaskan kembali ke dalam media melalui akar.

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

Akumulasi logam berat yang tinggi oleh tumbuhan dengan cara melemahkan efek racun yang ditimbulkan oleh logam berat yang diserap melalui pengenceran (dilusi) dengan menyimpan banyak air guna mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga toksisitas logam berat tersebut berkurang (Heriyanto & Subiandono, 2011).

Akar disekitar tanaman hiperakumulator mengeluarkan rizosfor atau larutan disekitar akar yang berfungsi untuk membawa logam pada media tanam menuju sel akar yang kemudian di degradasi oleh enzim yang berada di akar. Di dalam akar tersebut membentuk jaringan lakuna dan aerenkim yang berfungsi untuk pertukaran gas dan menyediakan jalur guna transportasi oksigen dari cabang hingga akar (Schussle & Longstreth, 2000).

Penurunan tertinggi terjadi pada reaktor 2 dan reaktor 3 terjadi pada hari ke-6 berturut-turut adalah 0,22 mg/L dan 0,09 mg/L. Pada hari ke enam tanaman melati air mengalami titik jenuh dan berkurangnya kemampuan dalam penyerapan logam berat dengan maksimal dan menyebabkan kenaikan konsentrasi logam berat pada hari ke-9. Meskipun tanaman melati air memiliki efektivitas yang paling baik dalam menyerap logam berat tanaman ini dapat mengalami kejenuhan dimana ditandai dengan daun-daun yang mulai berubah warna menjadi menguning dan mengering (Nisma & Budi, 2008).

4.4. Pengukuran pH

pH merupakan derajat keasaman yang biasa digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman maupun kebasaan yang ada pada suatu larutan. Pada umumnya pH digunakan untuk mengetahui banyaknya suatu konsentrasi ion H^+ yang terdapat di suatu larutan. Nilai pH memiliki pengaruh terhadap proses biokimiawi pada perairan. Selanjutnya hasil pengukuran pH larutan uji selama proses penelitian dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini:

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 Hasil Pengukuran pH

Hari Ke-	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
1	7,2	7,5	6,3
2	5,2	5,4	5,7
3	5,0	5,5	5,9
4	5,1	5,1	5,9
5	5,0	5,0	5,8
6	5,1	5,2	5,9
7	5,1	5,7	6,3
8	4,7	5,3	6,3
9	4,2	5,3	6,1
Rata-rata	7,76	5,55	6,022

(Sumber *Data Primer, 2020)*

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa ada perbedaan rata-rata nilai pH pada air limbahdi reaktor 1, reaktor 2 dan reaktor 3. Pada reaktor 1 atau reaktor kontrol rata-rata nilai pH yaitu 7,76 pada reaktor 2 dengan variasi jumlah 6 tanaman yaitu 5,55 pada reaktor 3 dengan variasi jumlah 9 tanaman yaitu 6,022. Kenaikan dan penurunan nilai pH ini dipengaruhi oleh adanya aktivitas biokimiawi mikroorganisme yang terdapat pada media air dan akar tanaman.

Pada pH asam jaringan tumbuhan akan semakin meningkat kemampuan dalam mengikat unsur dalam air sedangkan apabila pH bersifat basa dapat melemahkan kemampuan jaringan tumbuhan tersebut dalam mengikat unsur dalam air sehingga unsur yang diserap semakin sedikit dan menyebabkan terganggunya metabolisme tumbuhan. Tanaman dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH 5,5 – 7 karena proses penyerapan unsur hara pada air dapat berlangsung dengan baik (Agusetyadevy dkk., 2016).

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

4.5. Efisiensi Removal

Konsentrasi besi (Fe) dalam air dengan memanfaatkan tanaman uji melati air dapat diturunkan konsentrasinya. Tanaman melati air dapat mengolah besi (Fe) dengan melakukan mekanisme fitoremediasi. Melati air mampu meremediasi air tercemar besi (Fe) dengan konsentrasi 15,17 mg/L. Efisiensi removal dari tanaman melati air dapat dilihat pada tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4 Efisiensi Removal Besi (Fe)

Reaktor	Efisiensi Removal (%)/hari						
	H_0	H_3		H_6		H_9	
		Nilai Penurunan Besi (mg/L)	Efisiensi Removal (%)	Nilai Penurunan Besi (mg/L)	Efisiensi Removal (%)	Nilai Penurunan Besi (mg/L)	Efisiensi Removal (%)
R1	15,17	13,45	11	11,76	22,4	11,5	27
R2	15,17	0,62	96	0,22	98	1,44	91
R3	15,17	0,13	99,1	0,09	99,4	0,11	99,3

(Sumber : *Data Primer, 2020*)

Berikut rumus yang digunakan dalam perhitungan penurunan pada tabel 4.4 diatas:

$$Efisiensi(EF) = \frac{(co - ct)}{co}\ x\ 100\%$$

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 : efisiensi variasi tanaman melati air *(Echinodorus palaefolius*)

Co : konsentrasi awal sampel

Ct : konsentrasi akhir sampel

Hasil konsentrasi awal sampel di dapatkan pada H0 sebelum perlakuan kemudian untuk konsentrasi akhir pada setiap sampel didapatkan dari rata-rata hasil analisis kadar Fe pada proses fitoremediasi pada Tabel 4.2.

Data yang diperoleh dari tabel diatas dapat dilihat nilai efisiensi tertinggi pada reaktor 2 yakni sebesar 98% pada hari ke-6 reaktor ini berisikan tanaman melati air dengan jumlah 6 tanaman.. Kemampuan penyerapan tanaman dalam menyerap limbah Fe berkurang menjadi 91% pada hari ke-9. Penurunan ini disebabkan oleh titik jenuh tanaman tersebut sehingga kemampuan penyerapan tanaman menjadi berkurang dan menyebabkan tanaman tersebut mengeluarkan kembali limbah Fe yang sudah diserap pada media air.

Tanaman dalam kondisi jenuh dapat mengalami peristiwa depurasi dimana tanaman melepaskan kembali kontaminan yang terserap oleh akar ke lingkungan (Erika dkk., 2014). Nilai efisiensi tertinggi pada reaktor 3 yakni sebesar 99,4% pada hari ke-6 reaktor ini berisikan tanaman melati air dengan jumlah 9 tanaman.Pada hari ke-9jumlah kontaminan mengalami peningkatan sebanyak 0,02 mg/L. Jumlah tanaman yang lebih banyak dapat mempunyai potensi dalam menyerap kontaminan yang lebih baik. Semakin banyak jumlah tanaman makan semakin efisien dalam penyerapan kontaminan (Rahadian dkk., 2017).

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

4.6. Analisa Perbedaan Kemampuan Variasi Jumlah Tanaman Melati Air Dalam Mengurangi Konsentasi Besi (Fe)

Data hasil yang telah diperoleh kemudian dilakukan uji normalitas terlebih dahulu untuk mengetahui apakah data tersebut berdistribusi normal atau tidak normal. Berikut uji normalitas disajikan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Uji Normalitas

		Shapiro-Wilk		
Hasil penurunan	Variasi jumlah tanaman	Statistic	df	Sig.
	Kontrol	.862	6	.197
	6 tanaman	.799	6	.058
	9 tanaman	.838	6	.125

(Sumber : *Data Primer, 2020*)

Uji normalitas yang digunakan pada penelitian ini adalah uji Shapiro-Wilk karena data kurang dari 50 sampel. Pada umumnya uji Shapiro-Wilk digunakan untuk yang memiliki sampel kurang dari 50 (Oktaviani, 2014). Data diatas menunjukkan bahwa data hasil yang telah didapat berdistirbusi normal, hal ini dikarenakan pada kolom Shapiro-Wilk nilai signifikasi tersebut memiliki nilai >0,05. Uji Shapiro-Wilk standart signifikan apabila nilainya >0,05 maka distribusi data dinyatakan memenuhi asumsi normalitas, dan jika nilainya <0,05 maka diinterpretasikan sebagai tidak normal (Telussa dkk., 2013).

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

Data hasil tersebut memenuhi asumsi normalitas, maka dilanjutkan uji homogenitas yakni dengan uji *Test of Homogenity of Variance* untuk mengetahui apakah data variannya bersifat homogen atau tidak. Berikut Uji *Test of Homogenity of Variance* disajikan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Uji Homogenitas

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Hasil penurunan	Based on Mean	10.888	2	15	.001
	Based on Median	2.571	2	15	.110
	Based on Median and with adjust df	2.571	2	6.480	.151
	Based on trimmed mean	8.964	2	15	.003

(Sumber: *Data Primer, 2020*)

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa varian data tersebut bersifat tidak homogen karena nilai signifikan 0,01<0,05. Uji homogenitas memiliki tujuan untuk melihat pola keragaman dari data pengujian, nilai uji harus >0,05 yang menunjukkan bahwa adanya keragaman dari data tersebut (Rosita dkk., 2013). Setelah melakukan uji homogenitas yang menunjukkan varian data tersebut tidak homogen maka dilanjutkan dengan uji Kruskal Wallis.. Berikut Uji Kruskal Wallis disajikan pada tabel 4.7 di bawah ini.

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 4.7 Uji Kruskal Wallis

	Hasil Penurunan
Kruskal-Wallis H	1.065
df	2
Asymp. Sig.	.587

(Sumber: *Data Primer, 2020)*

Berdasarkan tabel di atas bahwa nilai signifikasi 0,587 > 0,05 yang mengindikasikan bahwa H0 diterima atau tidak ada perbedaan yang nyata (signifikan) pada variasi jumlah 0, 6, dan 9 tanaman melati air yang telah diterapkan pada penelitian ini untuk penyerapan zat pencemar besi (Fe). Tidak adanya perbedaan dari masing-masing perlakuan disebabkan beberapa faktor penelitian yang kemungkinan mempengaruhi kurang maksimalnya penyerapan kadar Fe dalam tanaman melati air diantaranya yakni tidak dilakukannya proses penyeleksian tanaman seperti jumlah daun, jumlah batang, umur tanaman, tidak mengkondisikan suhu dan pH (Jamil dkk., 2015).

Hasil dari uji Kruskal Wallis pada penelitian penyerapan logam berat Kromium (Cr) yang terdapat di limbah batik pada jenis tanaman eceng gondok (*Eichornia crasspies*), kayu apu (*Pistia stratiotes*), dan kayambang (*Salvinia cucullata*) menunjukkan nilai p=0,280 >α = 0,05 yang disimpulkan tidak ada perbedaan pada penelitian tersebut (Setiyono & Gustaman, 2017).

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
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada penelitian diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Daun melati air mengalami perubahan warna menjadi kekuningan dan kecoklatan selama proses fitoremediasi berlangsung namun melati air masih mengalami pertumbuhan daun baru. Batang melati air masih berwarna hijau dan kaku walaupun ada 2 batang melati air yang berubah warna menjadi kuning yang dipengaruhi oleh berubahnya warna daun. Akar melati air nampak baik-baik saja tidak ada perubahan apapun.
2. Nilai signifikasi 0,587 > 0,05 yang mengindikasikan bahwa H0 diterima atau tidak ada perbedaan yang nyata (signifikan) pada variasi jumlah 0, 6, dan 9 tanaman melati air yang telah diterapkan pada penelitian ini untuk penyerapan zat pencemar besi (Fe).
3. Efisiensi yang diperoleh dari reaktor 1 (kontrol) mencapai nilai tertinggi pada hari pengambilan sampel ke-9 sebesar 27% pada reaktor 2 (6 tanaman) mencapai nilai tertinggi pada hari pengambilan sampel ke-6 sebesar 98% dan di reaktor 3 (9 tanaman) mencapai nilai tertinggi pada hari pengambilan sampel ke-6 sebesar 99,4%.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini yaitu:

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan sistem lainnya seperti sistem *kontinu*, sistem *constructed wetland*.
2. Perlu memberikan variasi pada umur tanaman untuk mengetahui umur melati air yang efisien dalam menurunkan zat pencemar.

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 PUSTAKA

Agusetyadevy, I., Sumiyati, S., & Sutrisno, E. (2016). *Fitoremediasi Limbah Yang Mengandung Timbal (Pb) Dan Kromium (Cr)*. 8.

Amalia, D. R., Zaman, B., & Hadiwidodo, M. (2013). *Pengaruh Jumlah Koloni Rumput Teki (Cyperus Rotundus L.) Pada Media Tanah Tpa Terhadap Penurunan Konsentrasi Bod Dan Cod Dalam Lindi (Studi Kasus Tpa Jatibarang – Semarang)*.

Anam, M. M., Kurniati, E., & Suharto, B. (2013). *Penurunan Kandungan Logam Pb Dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (Equisetum Hyemale) Dan Zeolit*. *1*(2), 17.

Apsari, L., Kusumawati, E., & Susanto, D. (2018). *Fitoremediasi Limbah Cair Laundry Menggunakan Melati Air (Echinodorus Palaefolius)Dan Eceng Padi (Monochoria Vaginalis)*. *2*, 29–38.

Audina, M. (2017). Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Teknik Lingkungan Dengan Koagulasi Dan Adsorpsi Untuk Menurunkan Cod, Fe, Dan Pb. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, *5*(1). Https://Doi.Org/10.26418/Jtllb.V5i1.18012

Baroroh, F., & Irawanto, R. (2016). *Seleksi Tumbuhan Akuatik Berpotensi Dalam Fitoremediasi Air Limbah Domestik Di Kebun Raya Purwodadi*. 14.

Brown, S., Chaney, R., Angle, J., & Baker, J. (1995). *Zinc And Cadmium Uptake By Hyperaccumulator Thlaspi Caerulescens And Silene Vulgaris Grown On Sludge-Amended Soils In Relation To Total Soil Metals And Soil Ph*. *59*, 125–133.

Caroline, J., & Moa, G. A. (2015). *Tanaman Melati Air (Echinodorus Palaefolius) Pada Limbah*. 12.

Erika, L., Roman, M., Cadar, O., Micean, M., & Senila, M. (2014). *Determination Of Cu, Pb And Zn In Horsetail (Equisetum Spp.) Grown On Mine Tailings*. *3*, 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

Fahrudin. (2010). *Bioteknologi Lingkungan*. Alfabeta.

Febrina, L., & Ayuna, A. (2015). Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi*, *7*(1), 10.

Feriyanto. (2012). Macam—Macam Reaktor (Reactor). *Sains, Teknologi Dan Bisnis*. Https://Www.Caesarvery.Com/2012/11/Macam-Macam-Reaktor-Reactor.Html

Fitra, A., & Rahayu, Y. S. (2013). *Kemampuan Fitoremediasi Typha Latifolia Dalam Menurunkan Kadar Logam Kadmium (Cd) Tanah Yang Tercemar Lumpur Lapindo Di Porong Sidoarjo*. *2*(3), 5.

Gabbrielli, R., Mattioni, C., & Vergnano, O. (1991). *Accumulation Mechanisms And Heavy Metal Tolerance Of A Nickel Hyperaccumulator*. *14*, 1067–1080.

Gusti, D. R., Si, S., & Si, M. (2010). *Laju Korosi Baja Dalam Larutan Asam Sulfat Dan Dalam Larutan Natrium Klorida*. 4.

Hamilton, L. S., & King, Hlm. N. (1988). *Daerah Aliran Sungai Hutan Tropika*. Ugm Press.

Handayani, I. F., Setyowati, E., & Santoso, A. M. (2013). *Efisiensi Fitoremediasi Pada Air Terkontaminasi Cu*. 6.

Haryati, M., Purnomo, T., & Kuntjoro, S. (2012). *Kemampuan Tanaman Genjer (Limnocharis Flava (L.)Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas Pada Biomassa Dan Waktu Pemaparan Yang Berbeda*. *1*(3), 8.

Haryatmo, N. A. (2014). *Keracunan Unsur Fe (Besi) Pada Tanaman*. Http://Pplbkp3baebunta.Blogspot.Com/2014/06/Keracunan-Unsur-Fe-Besi-Pada-Tanaman.Html

Heriyanto, N. M., & Subiandono, E. (2011). *Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb Dan Cu) Oleh Jenis-Jenis Mangrove*. *8*.

Hidayat, A. (2019, Mei). *Kinetika Reaktor Batch*. Https://Id.Scribd.Com/Presemtation/362961269/Kinetika-Reaktor-Batch

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

Hidayati, N. (2005). Fitoremediasi Dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. *Hayati Journal Of Biosciences*, *12*(1), 35–40. Https://Doi.Org/10.1016/S1978-3019(16)30321-7

Irawanto, R., Hendrian, R., & Mangkoedihardjo, S. (2015). *Konsentrasi Logam Berat (Pb Dan Cd) Pada Bagian Tumbuhan Akuatik Acanthus Ilicifolius (Jeruju)*. 9.

Irianty, R. S., & Sembiring, M. P. (2012). *Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Gambir Dengan Pelarut Etanol-Air Terhadap Laju Korosi Besi Pada Air Laut*. *5*.

Jamil, A. Q., Pujiati, R. S., & Ellyke. (2015). *Perbedaan Penyerapan Logam Pb Pada Limbah Cair Antara Tanaman Kangkung Air (Ipomoea Aquatica Forsk), Genjer (Limnocharis Flava), Dan Semanggi (Marsilea Drummondii L)*. 7.

Kasman, M., Herawati, P., & Aryani, N. (2018). Pemanfaatan Tumbuhan Melati Air (Echinodorus Palaefolius) Dengan Sistem Constructed Wetlands Untuk Pengolahan Grey Water. *Jurnal Daur Lingkungan*, *1*(1), 10. Https://Doi.Org/10.33087/Daurling.V1i1.3

Kasman, M., Riyanti, A., & Kartikawati, C. E. (2019). Fitoremediasi Logam Aluminium (Al) Pada Lumpur Instalasi Pengolahan Air Menggunakan Tanaman Melati Air (Echinodorus Palaefolius). *Jurnal Daur Lingkungan*, *2*(1), 7. Https://Doi.Org/10.33087/Daurling.V2i1.17

Koesputri, A. S., & Dangiran, H. L. (2016). Pengaruh Variasi Lama Kontak Tanaman Melati Air (Echinodorus Palaefolius) Dengan Sistem Subsurface Flow Wetlands Terhadap Penurunan Kadar Bod, Cod Dan Fosfat Dalam Limbah Cair Laundry. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, *4*, 9.

Kurniawati, L. D. (2018). *Pemanfaatan Tanaman Melati Air (Echinodorus Palaefolius Nees & Mart. Jf Macbr.) Sebagai Agen Fitoremediasi Pada Air Di Daerah Aliran Sungai Opak Desa Banyakan, Piyungan Bantul*.

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

Lala, F. (2011). *Makalah Toksikologi Logam Berat Fe (Besi)*. Http://Tralalaikrima.Blogspot.Com/2012/04/Makalah-Toksikologi-Logam-Berat-Fe-Besi.Html

Levensipel, O. (2016). *Chemical Reaction Engineering*.

Lopo, H. (2011). *Makalah Pencemaran Logam Besi (Fe)*. Http://Hanchlopoblogspot.Blogspot.Com/2011/04/Makalah-Pencemaran-Logam-Besi-Fe.Html

Mcgrath, S., Shen Zg, & Zhao F. (1997). *Heavy Metal Uptake And Chemical Changes In Rhizosphere Of Thlaspi Caerulescens And Thlaspi Ochroleucum Grown In Contaminated Soils*. 153–159.

Metcalf, & Eddy. (2008). *Waste Water Engineering Treatment And Reuse*.

Mubin, F., Binilang, A., & Halim, F. (2016). *Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Di Kelurahan Istiqlal Kota Manado*. 13.

Natawidha, C. (2015). *Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga Menjadi Air Bersih*. Https://Www.Kompasiana.Com/Vinaya1290/5500ce4b813311491afa7f0b/Pengolahan-Air-Limbah-Rumah-Tangga-Menjadi-Air-Bersih

Nisma, A., & Budi, A. (2008). *Seleksi Beberapa Tumbuhan Air Sebagai Penyerap Logam Berat Cd, Pb, Cu Di Kolam Buatan Fmipa Uhamka*. Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka.

Noor, A., Lubis, I., Ghulamahdi, M., Chozin, M. A., & Anwar, K. (2012). *The Effect Of Iron Concentration In Nutrient Solution To Iron Toxicity Symptoms And Growth Of Rice*. 8.

Nur, F. (2013). Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd). *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, *1*(1), 74–83. Https://Doi.Org/10.24252/Bio.V1i1.450

Oktaviani, M. A. (2014). *Perbandingan Tingkat Konsistensi Normalitas Distribusi Metode Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Shapiro-Wilk, Dan Skewness-Kurtosis*. *3*, 9.

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

Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2017). *Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air Dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi*. 10.

Prihatini, I. (2014). *Kajian Kualitas Air Tanah Dangkal Di Desa Jimbaran Kulon Kecamatan Wonoayu Kabupaten Sidoarjo*. 7.

Purakayastha, T., & Chhonkar, P. (2010). *Phytoremediation Of Heavy Metal Contaminated Soils*. Springer.

Purba, M. F. D., & Hartini, E. (2013). *Penurunan Kandungan Zat Besi (Fe) Dalam Air Sumur Gali Dengan Metode Aerasi*. *12*(1), 7.

Putra, R. S. (2014). *Peningkatan Remediasi Cu Menggunakan Metode Eapr Dengan Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes)*. Https://Doi.Org/10.13140/Rg.2.1.5107.0563

Putri, A. D. N., Utomo, Y., & Kusumaningrum, I. K. (2013). *Analisis Kandungan Besi Di Badan Air Dan Sedimen Sungai Surabaya*. 9.

Rahadian, R., Sutrisno, E., & Sumiyati, S. (2017). *Efisiensi Penurunan Cod Dan Tss Dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu*. *6*(3), 8.

Rahmi, L. A. (2006). *Pemanfaatan Abu Layang Batubara*. 99.

Riyanti, A., Kasman, M., & Riwan, M. (2019). Efektivitas Penurunan Chemichal Oxygen Demand (Cod) Dan Ph Limbah Cair Industri Tahu Dengan Tumbuhan Melati Air Melalui Sistem Sub-Surface Flow Wetland. *Jurnal Daur Lingkungan*, *2*(1), 16. Https://Doi.Org/10.33087/Daurling.V2i1.19

Rosihan, A. (2016). *Pengertian Limbah Cair*. Https://Www.Astalog.Com/8682/Pengertian-Limbah-Cair.Htm

Rosita, E., Melani, W. R., & Zulfikar, A. (2013). *Detergen Ditinjau Dari Detensi Waktu Dan Konsentrasi Orthopospat*. 7.

Saleh, M., & Rasman. (2016). *Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Sistem Aerasi Dan Filtrasi Pada Air Sumur Gali (Eksperimen)*. *2*(3), 9.

Salimin, Z., & Nurifitriyani, I. (2013). *Pengolahan Limbah Industri Elektroplating Dengan Proses Koagulasi Flokulasi*. *3*(1), 8.

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

Santriyana, D. D. (2013). Eksplorasi Tanaman Fitoremediator Aluminium (Al) Yang Ditumbuhkan Pada Limbah Ipa Pdam Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, *1*(1). Https://Doi.Org/10.26418/Jtllb.V1i1.3655

Sari, M. O. S. K. S. K. S. K., Hastuti, E. D., & Darmanti, S. (2019). Potential Of Water Jasmine (Echinodorus Palaefolius) In Phytoremediation Of Fe In Leachate Jatibarang Landfill. *Biosaintifika: Journal Of Biology & Biology Education*, *11*(1), 55–61. Https://Doi.Org/10.15294/Biosaintifika.V11i1.17447

Sari, Y., & Dwiyati, S. T. (2015). *Korosi H2s Dan Co2 Pada Peralatan Statik Di Industri Minyak Dan Gas*. 5.

Sasono, E. (2013). *Penurunan Kadar Bod Dan Cod Air Limbah Upt Puskesmas Janti Kota Malang Dengan Metode Contructed Wetland*. *11*, 11.

Schussle, E., & Longstreth, J. (2000). *Changes In Cell Structure During The Formation Of Root Aerenchyma In Sagittaria Lancifolia (Alismataceae)*. *1*, 12–19.

Setiyono, A., & Gustaman, R. A. (2017). Pengendalian Kromium (Cr) Yang Terdapat Di Limbah Batik Dengan Metode Fitoremediasi. *Unnes Journal Of Public Health*, *6*(3), 155. Https://Doi.Org/10.15294/Ujph.V6i3.15754

Sidaruk, L., & Sipayung, P. (2015). *Fitoremediasi Lahan Tercemar Di Kawasan Industri Medan Dengan Tanaman Hias*. *2*, 178–186.

Smith. (1998). *Element Of Ecology*. Benjamin/Cumming Science Publishing.

Smits, E. P. (2005). *Phytoremrdiation*. *56*, 15–39.

Suhadiyah, S., & Umar, M. R. (2016). *Akumulasi Logam Berat Besi (Fe) Pada Kiapu Pistia Stratiotes L. Dari Air Sumur Sekitar Workshop Unhas*. 5.

Telussa, A. M., Persulessy, E. R., & Leleury, Z. A. (2013). *Penerapan Analisis Korelasi Parsial Untuk Menentukan Hubungan Pelaksanaan Fungsi Manajemen Kepegawaian Dengan Efektivitas Kerja Pegawai (Studi Kasus Pada Badan Pendapatan, Pengelolaan Keuangan Dan Aset Daerah Provinsi Maluku)*. *7*(1), 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

Umroh. (2011). *Kemampuan Tanaman Air Purun (Lepiromia Micronata) Dalam Menyerap Logam Berat (Pb, Cu Dan Zn) Di Bekas Penambangan Timah*. *5*.

Wibowo, P. D., Purnaini, R., & Fitrianingsih, Y. (2014). Penyisihan Logam Pada Lindi Dengan Sistem Sub-Surface Constructed Wetland. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, *2*(1). Https://Doi.Org/10.26418/Jtllb.V2i1.7254

Yona, D., Sari, S. H. J., Kretarta, A., Effendy, C. R. P., Aini, M. N., & Adi, M. A. A. (2018). *Distribusi Dan Status Kontaminasi Logam Berat Pada Sedimen Di Sepanjang Pantai Barat Perairan Selat Bali, Banyuwangi*. *1*, 21–30.

Yunus, R., & Prihatini, N. S. (2018). *Fitoremediasi Fe Dan Mn Air Asam Tambang Batubara Dengan Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Dan Purun Tikus (Eleocharis Dulcis) Pada Sistem Lbb Di Pt. Jbg Kalimantan Selatan*. 13.

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