FITOREMEDIASI LOGAM BERAT (Zn) MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) DENGAN SISTEM BATCH

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:
Achmad Aji Fatoni
NIM: H05216001

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama	: Achmad Aji Fatoni
NIM	: H05216001
Program Studi	: Teknik Lingkungan
Angkatan	: 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul "FITOREMEDIASI LOGAM BERAT SENG (ZN) MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK (*EICHHORNIA CRASSIPES*) DENGAN SISTEM BATCH". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 13 Juli 2020

Yang menyatakan

METERAI TEMPEL 6000

(Achmad Aji Fatoni)

NIM. H05216001

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir oleh:

NAMA : ACHMAD AJI FATONI

NIM : H05216001

JUDUL : FITOREMEDIASI LOGAM BERAT SENG (ZN) MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK (*EICHHORNIA CRASSIPES*) DENGAN SISTEM BATCH

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 13 Juli 2020

Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
Sarita Oktorina, M. Kes	Shinfi Wazna Auvaria, M. T
NIP. 198710052014032003	NIP. 198603282015032001

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas akhir Achmad Aji Fatoni ini telah dipertahankan
didepan tim penguji tugas akhir
di Surabaya, 17 Juli 2020

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2
Sarita Oktorina, M. Kes	Shinfi Wazna Auvaria, M. T
NIP. 198710052014032003	NIP. 198603282015032001
Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Yusrianti, M. T	Dedy Suprayogi, S. KM, M. KL
NIP. 198210222014032001	NIP. 198512112014031002

Mengetahui,
Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Evi Fatimatur Rusydiyah, M. Ag
197312272005012003

KEMENTRIAN 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 : Achmad Aji Fatoni
NIM : H05216001
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/ TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : ajifatoni24@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 LOGAM BERAT SENG(ZN) MENGGUNAKANTANAMAN ECENG GONDOK (EICHHORNIA CRASSIPES) DENGAN SISTEM BATCH

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

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

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 2 Agustus 2020

Penulis

(Achmad Aji Fatoni)

ABSTRAK

FITOREMEDIASI LOGAM BERAT (Zn) MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) DENGAN SISTEM BATCH

Seng (Zn) merupakan salah satu jenis logam berat yang sering menimbulkan berbagai macam permasalahan bagi lingkungan dan secara tidak langsung juga dapat berbahaya bagi manusia. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu uji fitoremediasi logam berat Seng (Zn) dengan sistem batch. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini bersifat eksperimental skala laboratorium. Variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu variasi umur dan jumlah tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Adapun variasi pada masing-masing reaktor uji yaitu, reaktor a (tanaman umur 8 minggu sejumlah 2 tanaman), reaktor b (tanaman umur 6 minggu sejumlah 3 tanaman), dan reaktor c (tanaman umur 4 minggu sejumlah 4 tanaman). Pada penelitian ini menggunakan limbah artifisial (Zn) dengan konsentrasi awal 7.84 ppm pada ketiga reaktor uji (a, b, dan c). Hasil nilai konsentrasi akhir yang diperoleh setelah uji fitoremediasi ini adalah, reaktor a 5.92 ppm, reaktor b 6.30 ppm, dan reaktor c 6.64 ppm. Nilai efisiensi removal dari reaktor a adalah sebesar 24.48 %, reaktor b 19.64 %, dan reaktor c 15.30 %. Perubahan ciri fisik yang terjadi selama masa uji fitoremediasi yaitu terjadinya *klorosis*, *nekrosis*, tumbuh cabang anakan tanaman baru, dan juga tumbuh bunga.

Kata Kunci*: Fitoremediasi, Seng (Zn), Sistem Batch, Eceng Gondok*

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

ABSTRACT

PHYTOREMEDIATION OF HEAVY METAL (Zn) USING WATER HYACINTH (*Eichhornia crassipes*) PLANT WITH BATCH SYSTEM

Zinc (Zn) is a type of heavy metal that often causes various kinds of problems for the environment and indirectly can also be harmful to humans. Tests carried out in this study are phytoremediation of zinc (Zn) heavy metals with a batch system. The research method used in this study is an experimental laboratory scale. The variations used in this study are variations in age and number of water hyacinth (Eichhornia crassipes). As for the variations in each of the test reactors namely, reactor a (plants 8 weeks old number 2 plants), reactor b (plants 6 weeks old number 3 plants), and reactor c (plants 4 weeks old number 4 plants). In this study using artificial waste (Zn) with an initial concentration of 7.84 ppm in the three test reactors (a, b, and c). The results of the final concentration values obtained after the phytoremediation test are, reactor a 5.92 ppm, reactor b 6.30 ppm, and reactor c 6.64 ppm. The removal efficiency value from reactor a was 24.48%, reactor b was 19.64%, and reactor c was 15.30%. Changes in physical characteristics that occur during the phytoremediation test period are the occurrence of chlorosis, necrosis, growing branches of saplings of new plants, and also growing flowers.

Keywords*: Phytoremediation, Zinc (Zn), Batch System, Water Hyacinth*

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 JUDUL ..... **I**
PERNYATAAN KEASLIAN ..... **I**
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **II**
PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR ..... **III**
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS ..... **IV**
ABSTRAK ..... **V**
ABSTRACT ..... **VI**
DAFTAR ISI ..... **VII**
DAFTAR GAMBAR ..... **X**
DAFTAR TABEL ..... **XI**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 4
1.4 Batasan Masalah 4
1.5 Manfaat Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**
2.1 Limbah Cair 6
2.1.1 Limbah Cair Domestik 6
2.1.2 Limbah Cair Industri 6
2.1.3 Karakteristik Limbah Cair 7
2.2 Logam Berat Seng (Zn) 7
2.2.1 Karakteristik Logam Seng (Zn) 9
2.2.2 Dampak Logam Berat Seng (Zn) 10
2.3 Pengolahan Limbah 11
2.3.1 Secara Biologis 11
2.3.2 Secara Fisika 11
2.3.3 Secara Kimiawi 12
2.4 Fitoremediasi 12
2.4.1 Mekanisme Fitoremediasi 12
2.4.2 Jenis – jenis Tanaman Fitoremediasi 13
2.5 Eceng Gondok 15

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

2.5.1 Klasifikasi Eceng Gondok 16
2.5.2 Morfologi Eceng Gondok 16
2.5.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Eceng Gondok 17
2.5.4 Dampak Eceng Gondok 18
2.6 Nutrisi (NPK) 19
2.7 Sistem Batch 19
2.8 Integrasi Penelitian Dengan Keislaman 20
2.9 Penelitian Terdahulu 22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 31
3.1 Jenis Penelitian 31
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian 31
3.3 Alat dan Bahan Penelitian 33
3.2.1 Alat 33
3.2.2 Bahan 33
3.4 Variabel Penelitian 33
3.3.1 Variabel Bebas 33
3.3.2 Variabel Terikat 33
3.5 Tahapan Penelitian 33
3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan 35
3.4.2 Kerangka Penelitian 37
3.4.3 Tahap Aklimatisasi dan Penanaman 38
3.4.4 Uji Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok 38
3.6 Pengambilan Data 39
3.7 Hipotesis 40
3.8 Rancangan Percobaan 40
3.9 Analisis Data 41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 43
4.1 Tahap Aklimatisasi dan Penanaman Eceng Gondok 43
4.1.1 Aklimatisasi 43
4.1.2 Penanaman 51
4.2 Hasil dan Pembahasan 52
4.2.1 Uji Fitoremediasi Eceng Gondok 52
4.2.2 Pengamatan Ciri Fisik Tanaman Pasca Fitoremediasi 67
4.2.3 Pengaruh pH dan Suhu Pada Uji Fitoremediasi 68

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

4.2.4 Nilai Konsentrasi Zn Pasca Fitoremediasi 69
4.2.5 Nilai Efisiensi Removal Eceng Gondok 74
4.2.6 Analisa Hubungan Umur dan Jumlah Tanaman Dengan Nilai Konsentrasi 75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 79
5.1 Kesimpulan 79
5.2 Saran 79
DAFTAR PUSTAKA 80

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 Tanaman Eceng Gondok 15
Gambar 2. 2 Morfologi Tanaman Eceng Gondok..... 16
Gambar 2. 3 Reaktor Sistem Batch 20
Gambar 3. 1 Sungai Bozem Morokrembangan, Surabaya 31
Gambar 3. 2 Bak Penanaman dan Aklimatisasi 31
Gambar 3. 3 Layout Greenhouse Mandiri..... 32
Gambar 3. 4 Diagram Penelitian..... 35
Gambar 3. 5 Kerangka Penelitian 37
Gambar 3. 6 Reaktor Sistem Batch 39
Gambar 3. 7 Layout Sampel..... 41
Gambar 4. 1 Tanaman Umur 8, 6, dan 4 Minggu 51
Gambar 4. 2 Nilai Konsentrasi Selama Masa Uji Fitoremediasi 72
Gambar 4. 3 Nilai Efisiensi Removal 74

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Yang Belum Memiliki Baku Mutu Air Limbah Yang Ditetapkan 8
Tabel 2. 2 Daftar Tumbuhan Aplikasi Fitoremediasi..... 13
Tabel 2. 3 Klasifikasi Eceng Gondok 16
Tabel 3. 1Rancangan Kombinasi Variabel Percobaan ……..40
Tabel 4. 1 Tahap Aklimatisasi Eceng Gondok ……..44
Tabel 4. 2 Uji Fitoremediasi Eceng Gondok..... 53
Tabel 4. 3 Nilai Konsentrasi Hasil Uji Reaktor A 70
Tabel 4. 4 Nilai Konsentrasi Hasil Uji Reaktor B..... 70
Tabel 4. 5 Nilai Konsentrasi Hasil Uji Reaktor C..... 71
Tabel 4. 6 Uji Normalitas Saphiro-Wilk 76
Tabel 4. 7 Uji Korelasi Parsial 78

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

Pencemaran lingkungan terjadi karena daur materi didalam lingkungan hidup mengalami perubahan struktur maupun keseimbangannya, yang menyebabkan terganggunya fungsi lingkungan. Hal tersebut terjadi salah satunya dikarenakan perbuatan manusia yang demi memenuhi kebutuhannya justru mengabaikan efek samping terhadap keseimbangan lingkungan hidup. Hal tersebut seperti yang telah tercantum dalam firman Allah SWT. pada QS. AR-RUM Ayat 41 yang berbunyi:

ظَهَرَ ٱلۡفَسَادُ فِي ٱلۡبَرِّ وَٱلۡبَحۡرِ بِمَا كَسَبَتۡ أَيۡدِي ٱلنَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعۡضَ ٱلَّذِي عَمِلُواْ لَعَلَّهُمۡ يَرۡجِعُونَ

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan laut yang disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah SWT. Menghendaki agar mereka merasakan sebagaian (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (kejalan yang benar)”.

Limbah berasal dari kegiatan manusia di sektor industri (limbah industri) dan dari sektor kegiatan rumah tangga (limbah domestik). Limbah industri memiliki potensi yang cukup besar dalam mencemari lingkungan, jika tidak dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air. Hal ini dikarenakan sebagian limbah dari kegiatan industri memiliki kandungan logam berat yang cukup tinggi.

Seng (Zn) merupakan salah satu logam berat yang sering menimbulkan berbagai macam permasalahan yang cukup serius bagi lingkungan dan secara tidak langsung juga dapat berbahaya bagi manusia. Bahaya logam berat Seng (Zn) bagi tubuh manusia yaitu dapat menyebabkan gangguan atau kerusakan pada berbagai jaringan tubuh manusia. Kelebihan dalam menyerap Seng (Zn) oleh tubuh dapat menimbulkan gejala mual, pusing, muntah, diare, dan demam. Hal tersebut erat kaitannya karena Seng (Zn) merupakan salah satu unsur kimia dari golongan 12 yang bersifat *toksik*. Apabila diketahui kadar logam Seng (Zn) yang telah melebihi baku mutu, maka perlu dilakukan tindakan lanjut dalam mencegah gangguan yang disebabkan oleh logam Zn (Amriarni 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

Pengolahan air limbah menjadi air bersih dapat dilakukan dengan tiga cara yakni pengolahan secara fisik, kimia, dan biologi. Pengolahan yang paling sederhana dan tidak membutuhkan biaya besar adalah pengolahan secara biologi (Tosepu, 2012). Fitoremediasi merupakan salah satu pengolahan air limbah secara biologi yang ramah lingkungan, karena fitoremediasi adalah sebuah metode pengolahan menggunakan media tanaman hijau untuk menurunkan suatu kadar zat kontaminan tertentu yang terdapat pada suatu lingkungan. Fitoremediasi ini tergolong dalam pengolahan secara *in situ*, yang berarti pengolahan yang dilakukan langsung pada lokasi atau area yang terkontaminasi (Hardiani dkk., 2016). Metode ini sangat tepat untuk memperbaiki area yang terkontaminasi oleh pencemar seperti, limbah organik atau logam berat berbahaya seperti Zn.

Salah satu jenis tanaman fitoremediasi yang dapat digunakan untuk meremediasi limbah adalah eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Menurut (Indah dkk., 2014) eceng gondok memiliki kemampuan melakukan penyerapan dikarenakan adanya vakuola dalam struktur sel eceng gondok. Mekanisme penyerapan yang terjadi yaitu dengan adanya bahan-bahan yang diserap menyebabkan vakuola menggelembung, maka sitoplasma terdorong ke pinggiran sel sehingga protoplasma dekat dengan permukaan sel. Hal ini, menyebabkan pertukaran atau penyerapan logam kromium antara sebuah sel dengan sekelilingnya menjadi lebih efisien.

Menurut hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Hasyim., 2016), tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berpotensi mereduksi logam berat seng (Zn) pada hari ke 3 penelitian dengan nilai 1,2541 ppm yang tidak berbeda nyata dengan hari ke 6 penelitian dan hari ke 9 penelitian dengan masing-masing nilai 1,1954 ppm dan 0,6295 ppm dan berbeda nyata dengan H0 penelitian dengan konsentrasi awal yaitu 10 ppm. Variasi yang pernah dilakukan pada penelitian terdahulu, adalah mengukur kemampuan tanaman eceng gondok dalam fitoremediasi dengan variasi konsentrasi Zn (Erawati, 2017).

Penelitian ini berbeda dari penelitian terdahulu, adapun pada penelitian ini akan melakukan uji fitoremediasi menggunakan eceng gondok dengan sistem batch, karena pada dasarnya sistem batch ini memiliki pola kerja yang sederhana

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

yaitu reaktan dibuat tergenang pada perlakuan, dengan asumsi selama waktu genang tersebut reaktan akan berproses dengan tanaman dan media secara fitoremediasi (Anam dkk., 2013). Dan menurut (Barsan dkk., 2017), sistem reaktor batch membagi proses pengolahan air limbah menggunakan reaktor tunggal, di mana proses operasi terdiri dari pengisian, reaksi, pengendapan, pembuangan air limbah pasca fitoremediasi.

Adapun variasi pada penelitian ini yaitu variasi umur dan jumlah tanaman. Variasi umur tanaman ini berdasarkan penelitian terdahulu yang menggunakan tanaman *Azolla microphylla* dengan variasi umur tanaman (6, 8 minggu, dan 10 minggu dalam fitoremediasi logam Pb (Vigiyanti dkk., 2017). Sedangkan variasi jumlah tanaman berdasarkan penelitian yang menyatakan semakin tinggi tingkat kerapatan tanaman maka semakin kecil pula sisa pencemar yang tertinggal pada air (Hartanti dkk., 2017).

Hal yang mendasari dalam hal pemilihan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk digunakan pada penelitian ini, dikarenakan tanaman ini memiliki sifat adaptasi yang cukup baik dengan lingkungan tercemar dan juga banyak tumbuh di berbagai daerah aliran sungai di Indonesia khususnya Surabaya. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) seringkali dianggap sebagai gulma, karena menyebabkan permasalahan pada daerah aliran sungai. Dengan proses fitoremediasi ini, diharapkan dapat memulihkan kualitas air limbah yang mengandung Zn lebih efektif dan ramah lingkungan serta sebagai bentuk reduksi tanaman gulma (eceng gondok).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana perubahan ciri fisik (perubahan warna daun dan batang, berat basah tanaman, dan lebar daun) tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) selama proses fitoremediasi berlangsung?
2. Berapa nilai *efisiensi removal* logam Seng (Zn) pada metode fitoremediasi menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan sistem batch?
3. Bagaimana hubungan umur dan jumlah tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap nilai konsentrasi?

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

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari dilaksankannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perubahan ciri fisik tanaman (perubahan warna daun dan batang, berat basah tanaman, dan lebar daun) yang dialami oleh tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) selama proses fitoremediasi berlangsung.
2. Mengetahui nilai *efisiensi removal* logam berat Seng (Zn) pada metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan sistem batch.
3. Mengetahui keeratan hubungan antara umur dan jumlah tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap nilai konsentrasi.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel limbah artifisial yaitu berupa aquades yang dilarutkan bersama dengan logam Seng (Zn) dengan konsentrasi 7,84 ppm.
2. Logam Zn yang digunakan yaitu $ZnSO_4$ analis.
3. Umur tanaman yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanaman eceng gondok berumur 4, 6, dan 8 minggu.
4. Bak penanaman dan aklimatisasi yang digunakan yaitu bak plastik berukuran panjang 29 cm x lebar 35 cm x tinggi 12 cm sejumlah 9 buah.
5. Reaktor batch yang digunakan sejumlah 3 buah memiliki ukuran panjang 50 cm x lebar 30 cm x tinggi 15 cm.
6. Setiap reaktor diberikan aerator.
7. Penelitian ini dilakukan selama 12 hari.
8. Pengambilan sampel air dilakukan sebanyak 4 kali yaitu pada hari ke 3, 6, 9, dan 12 dengan masing-masing 3 sampel ulangan (satu waktu).
9. Pengukuran yang dilakukan pada hari ke 3, 6, 9, dan 12 meliputi kadar Seng (Zn) dengan metode spektrometri menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectofotometer*) dengan acuan SNI 6989.7:2009, dan untuk pengukuran harian selama waktu penelitian meliputi pH air, suhu

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

ruangan, dan ciri fisik tanaman (perubahan warna daun dan batang, berat basah tanaman, dan lebar daun) eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

10. Pengukuran yang dilakukan pada awal hingga akhir pengerjaan yaitu berat basah tanaman.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memberikan gambaran mengenai pengolahan limbah cair industri secara alami dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok**.**
2. Memberikan informasi alternatif tentang pemanfaatan tanaman gulma eceng gondok yang selama ini sering dianggap mencemari lingkungan perairan sungai sebagai pengolah air limbah.

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Air limbah adalah air yang membawa sampah (limbah) yang berasal dari rumah tangga (domestik) dan pabrik (industri), yang berupa campuran air dan padatan terlarut atau tersuspensi. Serta dapat juga merupakan air buangan dari hasil proses yang dibuang ke dalam lingkungan (Vindiarti, 2015).

Limbah cair merupkan air buangan hasil dari sisa kegiatan manusia yang apabila dibuang secara langsung ke lingkungan akan menyebabkan pencemaran dan dampak negatif terhadap lingkungan perairan. Limbah cair terbagi menjadi dua yaitu limbah cair domestik dan limbah cair industri.

2.1.1 Limbah Cair Domestik

Adalah air hasil buangan dari kegiatan rumah tangga manusia sehari-hari yang mencemari badan air. Menurut hasil studi Kementrian Lingkungan Hidup Indonesia pada tahun 2014 dalam (Asadiya, 2018), menyatakan, bahwa 60-70 % sungai di Indonesia telah tercemar oleh limbah domestik rumah tangga. Hal tersebut terjadi dikarenakan meningkatnya populasi manusia yang cukup pesat namun tidak seimbang dengan kesadaran manusia akan perlunya melakukan pengolahan limbah domestik dengan baik dan benar.

2.1.2 Limbah Cair Industri

Adalah air buangan dari hasil kegiatan produksi barang atau jasa dari suatu perusahaan atau instansi yang apabila dibuang secara langsung dapat mencemari lingkungan dan perairan. Perkembangan industri dan teknologi di berbagai bidang kehidupan memberikan peningkatan terhadap kualitas hidup manusia pada zaman sekarang, namun secara tidak langsung juga memberikan dampak negatif bagi keseimbangan lingkungan hidup berupa pencemar apabila tidak dilakukan pengolahan yang baik dan benar sesuai dengan standar baku mutu air limbah (Indriyati, 2011).

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

2.1.3 Karakteristik Limbah Cair

Menurut (Metcalf, 2003) limbah cair domestik ataupun non-domestik memiliki beberapa karakteristik berdasarkan dari sumbernya yang digolongkan pada karakteristik kimia, fisika, dan biologi sebagai berikut:

A. Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia terbagi dalam beberapa parameter, yaitu:

1. BOD (*Biological Oxygen Demand*).
2. COD (*Chemical Oxygen Demand*).
3. Protein.
4. Karbohidrat.
5. Minyak dan Lemak.
6. Detergen.
7. pH (Derajat Keasaman).

B. Karakteristik Fisika

Karakteristik Fisika terbagi dalam beberapa parameter, yaitu:

1. TS (*Total Solid*).
2. TSS (*Total Suspended Solid*).
3. Warna.
4. Kekeruhan.
5. Temperatur.
6. Bau.

C. Karakteristik Biologi

Adapun parameter yang digunakan mengukur karakteristik biologi yaitu, banyaknya kandungan mikroorganisme yang terkandung pada air limbah.

2.2 Logam Berat Seng (Zn)

Logam berat adalah sebuah istilah umum yang digunakan dalam pengelompokan logam dan *metaloid* yang memiliki densitas lebih besar dari 5g/cm^3, terutama untuk unsur-unsur seperti Cr, Cu, Cd, Pb, Zn, Hg, dan Ni, karena unsur-unsur tersebut sangat erat kaitannya dengan masalah pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan yang diakibatkan logam berat menjadi

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

masalah lingkungan yang krusial sekaligus menjadi tantangan bagi terciptanya pembangunan yang berkelanjutan (Adhani, 2017).

Seng (Zn) adalah logam yang berwarna putih kebiruan dan merupakan salah satu unsur kimia yang memiliki nomor atom 30, massa atom 65,37 g/mol. Logam berat seng (Zn) termasuk unsur penting yang diperlukan oleh manusia, namun dengan catatan dalam kadar yang tidak berlebihan. Sebagai *trace element*, logam berat esensial seperti Zn ini sangat dibutuhkan untuk menjaga metabolisme tubuh manusia, namun jika terdapat dalam tubuh dengan jumlah yang cukup besar logam Seng (Zn) justru akan menjadi bersifat sebaliknya terhadap tubuh manusia, sehingga dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti muntah, diare, bahkan hingga gangguan reproduksi (Nasution, 2011). Oleh karena itu selain memberikan manfaat bagi kehidupan, logam berat juga dapat bersifat *toksik* bagi kesehatan manusia dan mengganggu keseimbangan ekosistem (Adhani, 2017).

Baku mutu untuk kadar logam berat Seng (Zn) pada air limbah, berdasarkan Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, adalah sebagaimana pada **Tabel 2.1** berikut ini:

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Yang Belum Memiliki Baku Mutu Air Limbah Yang Ditetapkan

Parameter	Satuan	GOLONGAN	
		I	II
Temperatur	^{o}C	38	40
Zat padat larut (TDS)	mg/L	2.000	4.000
Zat padat suspensi (TSS)	mg/L	200	400
pH	-	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0
Besi terlarut (Fe)	mg/L	5	10
Mangan terlarut (Mn)	mg/L	2	5
Barium (Ba)	mg/L	2	3
Tembaga (Cu)	mg/L	2	3
Seng (Zn)	mg/L	5	10
Krom Heksavalen (Cr^{6+})	mg/L	0,1	0,5
Krom Total (Cr)	mg/L	0,5	1
Cadmium (Cd)	mg/L	0,05	0,1
Air Raksa (Hg)	mg/L	0,002	0,005

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

Parameter	Satuan	GOLONGAN	
		I	II
Timbal (Pb)	mg/L	0,1	1
Stanum (Sn)	mg/L	2	3
Arsen (As)	mg/L	0,1	0,5
Selenium (Se)	mg/L	0,05	0,5
Nikel (Ni)	mg/L	0,2	0,5
Kobalt (Co)	mg/L	0,4	0,6
Sianida (CN)	mg/L	0,05	0,5
Sulfida (H_2S)	mg/L	0,5	1
Fluorida (F)	mg/L	2	3
Klorin bebas (Cl_2)	mg/L	1	2
Amonia-Nitrogen (NH_3-N)	mg/L	5	10
Nitrat (NO_3-N)	mg/L	20	30
Nitrit (NO_2-N)	mg/L	1	3
Total Nitrogen	mg/L	30	60
BOD_5	mg/L	50	150
COD	mg/L	100	300
Senyawa aktif biru metilen	mg/L	5	10
Fenol	mg/L	0,5	1
Minyak & Lemak	mg/L	10	20
Total Bakteri Koliform	MPN/100 mL	10.000	

Sumber: (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5, 2014)

2.2.1 Karakteristik Logam Seng (Zn)

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, karakteristik dari logam berat Zn termasuk dalam kategori logam berat esensial. Logam berat esensial yaitu logam yang sangat membantu dalam proses fisiologi makhluk hidup yaitu untuk membantu proses kerja enzim atau pembentukan organ dari makhluk hidup, namun dengan catatan tidak melebihi ambang batas. Karena jika dalam kadar atau jumlah yang melebihi ambang batas yang dibutuhkan logam berat Zn dapat menjadi racun (Hasyim., 2016).

Logam ini memiliki karakteristik cukup reaktif, berwarna putih kebiruan, dan menguap bila terkena udara (Blesstinov dkk., 2017). Sedangkan menurut (Najamuddin dkk., 2016), karakter dari logam berat Zn bersifat esensial dan cenderung memiliki sifat kelarutan yang rendah. Ketika berada dalam air Zn akan bereaksi dengan membentuk ion, yang

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

dimana ion tersebut mudah terserap kedalam sedimen dan juga organisme. Logam berat Zn memiliki kelarutan yang rendah pada air (Hasyim, 2016). Seng (Zn) memiliki sifat fisik dan sifat kimia yaitu, mempunyai berat molekul 161,4, mengandung satu atau tujuh molekul air *hidrat*, *hablur* transparan 6 atau jarum-jarum kecil, serbuk *hablur* atau butir, tidak berwarna, tidak berbau, larutan memberikan reaksi asam terhadap lakmus (Capayanti, 2015).

2.2.2 Dampak Logam Berat Seng (Zn)

Menurut Palar, (2004) dalam (Adhani, 2017) logam berat yang masuk ke dalam tubuh manusia dan terakumulasi jangka panjang dalam jaringan tubuh dan tidak bisa diekskresikan lagi ke luar tubuh, maka ketika mencapai kadar yang sudah tinggi akan menimbulkan dampak buruk yang cukup serius, yaitu:

1. Menghambat aktivitas enzim sehingga proses metabolisme terganggu.
2. Menyebabkan *abnormalitas* kromosom atau gen.
3. Menghambat perkembangan janin.
4. Menurunkan *fertilitas* wanita.
5. Menghambat *spermatogenesis*.

Logam Seng (Zn) memiliki efek *toksik* bagi manusia apabila terakumulasi pada jangka panjang bagi organ manusia. Karena dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti muntah, diare, bahkan hingga gangguan reproduksi (Nasution, 2011).

Kadar Zn yang terakumulasi dalam jangka panjang pada tubuh manusia dapat menyebabkan keracunan. Adapun tanda gejala awal dari keracunan Zn yaitu seperti, muntah, kram perut, diare dan mual berkepanjangan. Hal tersebut jika tidak segera ditangani dapat menyebabkan penyakit kuning, kejang, demam, hingga tekanan darah rendah, dan bahkan yang paling fatal dapat menyebabkan kematian (Adhani, 2017).

Logam berat seng (Zn) merupakan salah satu jenis logam berat esensial, disisi lain dari dampak buruk yang ditimbulkan oleh logam berat

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

seng (Zn). Jika masih dalam ambang batas yang sesuai dibutuhkan oleh tubuh yaitu sebesar 12 – 15 mg/hari, logam berat seng (Zn) juga dapat berdampak baik bagi tubuh. Adapun dampak baik dari logam berat seng (Zn) menurut (Septianingrum, 2015) diantaranya yaitu:

1. Membantu kerja enzim pada proses metabolisme tubuh atau pembentukan organ tubuh.
2. Berperan penting dalam pertumbuhan gigi.
3. Meningkatkan kesuburan dan produksi testosteron yaitu hormon yang berperan penting dalam menghasilkan sperma.

2.3 Pengolahan Limbah

Pengolahan limbah merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mereduksi atau menurunkan kadar pencemar yang terdapat pada air limbah. Pengolahan limbah adalah usaha untuk mengurangi atau menstabilkan zat-zat pencemar sehingga saat dibuang tidak mambahayakan bagi lingkungan dan kesehatan.

Secara umum teknik-teknik pengolahan air buangan terbagi menjadi 3 metode pengolahan yaitu secara fisika, kimia, dan biologi (Widjajanti, 2009). Sedangkan berdasarkan jenisnya pengolahan limbah terbagi menjadi 2 yaitu, pengolahan limbah setempat (*on site*) dan pengolahan limbah secara terpusat (*off site*) (Wulandari, 2014).

Menurut (Adany, 2017) Ada beberapa macam jenis pengolahan limbah, yaitu:

2.3.1 Secara Biologis

Adalah proses penguraian bahan organik yang terdapat pada limbah cair oleh mikroorganisme. Adapun prinsip dari pengolahan ini yaitu secara *aerob* yang berarti melibatkan oksigen dan *anaerob* tanpa melibatkan oksigen. Contoh unit pengolahannya yaitu, *Trickling Filter*, *Activated Sludge*, Fitoremediasi, dan Lain-lain.

2.3.2 Secara Fisika

Adalah metode pengolahan limbah cair dengan cara menghilangkan pencemar secara fisika seperti sedimentasi, filtrasi, dan lain-lain. Adapun

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

prinsip dari pengolahan ini yaitu untuk menghilangkan padatan tersuspensi (TSS). Contoh unit pengolahannya yaitu, *Bar Screen*, Bak Sedimentasi, *Clarifier*, dan lain-lain.

2.3.3 Secara Kimiawi

Adalah metode pengolahan limbah cair yang melibatkan penambahan suatu zat atau bahan kimia tertentu untuk mendestruksi pencemar. Contoh unit pengolahannya yaitu, Koagulasi dan Flokulasi.

2.4 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah sebuah metode pemanfaatan tumbuhan air umumnya untuk mendegradasi bahan pencemar seperti logam berat, pestisida, *polyaromatic*, *hydrocarbons*, dan lindi dari timbunan sampah *landfill*. Dalam proses remediasi tumbuhan dapat bersifat aktif maupun pasif dalam menyerap bahan pencemar, hal tersebut dikarenakan setiap tumbuhan memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda-beda dalam fitoremediasi (Juhriah, 2016).

Fitoremediasi dianggap sebagai teknologi yang inovatif, ekonomis, dan relatif aman terhadap lingkungan (Sidauruk, 2015), karena fitoremediasi merupakan upaya penggunaan tanaman hijau sebagai dekontaminasi limbah (Djo dkk., 2017).

2.4.1 Mekanisme Fitoremediasi

Fitoremediasi terbagi atas beberapa mekanisme proses dalam dekontaminasi limbah. Menurut (Mansawan, 2016) mekanisme proses fitoremediasi terbagi sebagai berikut:

A. Fitoekstraksi

Yaitu proses dimana tumbuhan menarik suatu zat pencemar dari area yang tercemar, untuk kemudian diakumulasikan pada daerah akar tumbuhan atau disalurkan ke bagian lain pada tumbuhan seperti daun dan batang.

B. Rhizofiltrasi

Yaitu proses penyerapan zat pencemar oleh bagian akar yang selanjutnya menempel pada daerah akar, sehingga membentuk suatu lapisan tipis pada permukaannya. Mekanisme rhizofiltrasi 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

hampir sama dengan mekanisme fitoekstraksi, namun perbedaanya, pada mekanisme rhizofiltrasi digunakan untuk area badan air yang tercemar.

C. Fitostimulasi

Yaitu proses remediasi polutan yang disebabkan oleh adanya aktifitas mikroba pada daerah akar yang bekerja secara sinergis.

D. Fitostabilisasi

Yaitu proses remediasi dikarenakan adanya penurunan mobilitas polutan melalui pembentukan senyawa yang lebih kompleks namun mudah untuk diadsorpsi oleh tumbuhan pada daerah akar.

E. Fitovolitalisasi

Yaitu proses yang terjadi ketika tumbuhan menyerap kontaminan dan melepasnya ke udara lewat daun.

Pada pengaplikasiannya di lapangan, setelah tanaman fitoremediasi telah melakukan mekanisme fitoremediasi. Selanjutnya dilakukan pengambilan atau pemanenan tanaman fitoremediasi tersebut, untuk kemudian dilakukan pembakaran menggunakan *insenerator* kemudian abu hasil pembakarannya dikemas secara khusus dan digolongkan kedalam golongan B3.

2.4.2 Jenis – jenis Tanaman Fitoremediasi

Menurut (Koosbandiah, 2011), jenis-jenis tumbuhan yang dapat diaplikasikan untuk proses fitoremediasi yaitu sebagaimana pada **Tabel 2.2** berikut ini:

Tabel 2. 2 Daftar Tumbuhan Aplikasi Fitoremediasi

No	Aplikasi	Media	Kontaminan	Jenis Tanaman
1	Fitoremediasi	Tanah, air tanah, *landfill leachate*, air limbah	a. Herbisida b. Aromatic (BTEX) c. Chlormate aphatics (TCE) d. Nutrient (NO_3^-, NH_4^+, PO_4^{3-}) e. Limbah amunisi (TNT, RDX)	*Alfalfa, Poplar, Willow, Aspen,* Gandum

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	Aplikasi	Media	Kontaminan	Jenis Tanaman
2	Bioremediasi rhizosfer	Tanah, sedimen, air limbah	a. Kontaminan Organic Pestisida b. PAH	Murberry, apel, tumbuhan air
3	Fitostabilisasi	Tanah sedimen	a. Logam (Pb, Cd, Zn, As, Cu, Cr, Se, U) b. Hydrophobic organic (PAHs, dioxin, lurans, pentachlorofenol, DDT, dieldrin)	Tanaman yang memiliki sistem akar yang padat Rumput yang memiliki serat akar yang banyak. Tanaman yang dapat melakukan transpirasi air yang lebih banyak. Bunga matahari, dandelion.
4	Rhizofiltrasi	Air tanah, dan air limbah di danau atau air sumur buatan	a. Logam metal (Pb, Cd, Zn, Ni dan Cu) b. Radioaktif (Cs, Sr dan U) c. Senyawa Organik Hidrofobik	Tanaman air

Sumber: (Koosbandiah, 2011)

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

2.5 Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan salah satu jenis tumbuhan air mengapung. Eceng gondok pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan asal Jerman yang bernama Carl Friedrich Philipp von Martius, pada tahun 1824 secara tidak sengaja saat sedang melakukan ekspedisi di Sungai Amazon Brasil.

Gambar 2. 1 Tanaman Eceng Gondok

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Salah satu cara penanganan terhadap limbah cair yang ramah lingkungan yaitu memanfaatkan eceng gondok sebagai *biofilter* penyerap berbagai zat berbahaya bagi lingkungan (Vidyawati, 2019).

Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan salah satu jenis tanaman yang dapat digunakan untuk meremediasi limbah. Eceng gondok merupakan gulma air yang dapat mencemari lingkungan karena pertumbuhannya yang cepat sehingga memungkinkan untuk menutupi permukaan sungai sehingga mengganggu bagi kehidupan biota didalam sungai dan juga dapat menyebabkan pendangkalan sungai.

Namun eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) juga bermanfaat, karena memiliki kemampuan menyerap zat organik, anorganik, serta logam berat yang merupakan bahan pencemar. Berdasarkan penelitian terdahulu dari (Agunbiade et al., 2009), eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berpotensi sebagai tanaman fitoremediasi dalam mereduksi sepuluh macam logam yaitu, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, V dan Zn. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) juga merupakan tumbuhan yang memiliki toleransi tinggi terhadap logam berat, dikarenakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) memiliki kemampuan membentuk *fitokelatin* yang menghasilkan senyawa peptide yang mampu menghelat logam dalam jumlah yang besar (Djo 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

2.5.1 Klasifikasi Eceng Gondok

Adapun klasifikasi dari tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) menurut VAN Steenis, (1978) dalam (Sundariani, 2017) adalah seperti pada **Tabel 2.3** berikut ini

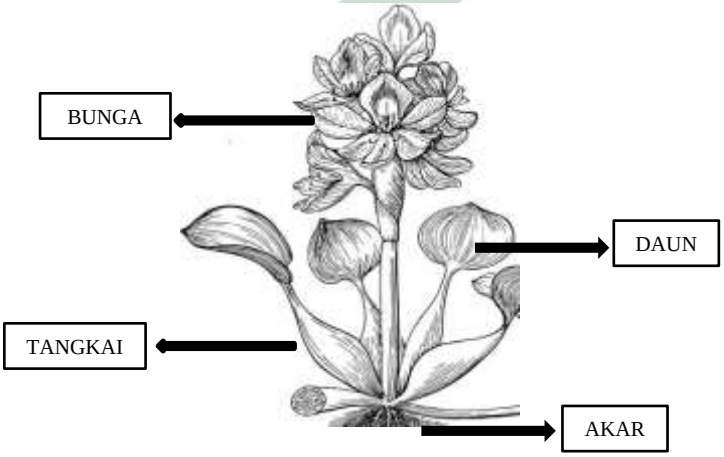
Tabel 2. 3 Klasifikasi Eceng Gondok

Kingdom	*Plantae*
Sub-Kingdom	*Trcahebionta*
Super Divisi	*Spermatophyta*
Divisi	*Magnoliophyta*
Kelas	*Liliopsida*
Ordo	*Alsmatales*
Famili	*Butamaceae*
Genus	*Eichornia*
Spesies	*Eichhornia crassipes*

Sumber: (Sundariani, 2017)

2.5.2 Morfologi Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah tumbuhan air yang hidup dalam perairan terbuka. Tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) terdiri dari akar, tangkai, daun, dan bunga. Adapun morfologi tanaman eceng gondok menurut (Sundariani, 2017) adalah sebagaimana pada **Gambar 2.2** berikut ini:



Gambar 2. 2 Morfologi Tanaman Eceng Gondok

Sumber: (Sundariani, 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

A. Akar

Akar pada eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berupa akar serabut yang ditumbuhi dengan bulu-bulu halus pada seluruh bagian akarnya, panjangnya bervariasi mulai dari 10-30 cm. Sistem perakaran eceng gondok pada umumnya lebih dari 50% dari seluruh biomassa. Akar pada eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) memiliki fungsi yaitu, sebagai penyangga tanaman, menyerap nutrisi yang diperlukan tanaman dalam air.

B. Daun

Daun pada eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan termasuk dalam golongan mikrofita, yang didalamnya terdapat lapisan rongga udara yang berfungsi sebagai penyimpanan oksigen dan juga sebagai pelampung tanaman agar dapat mengapung di air. Klorofil eceng gondok terletak didalam sel epidermis

C. Tangkai

Tangkai pada eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berbentuk bulat menggelembung yang mana didalamnya berisi penuh dengan udara yang berfungsi mengapungkan tanaman di air. Lapisan terluar dari tangkai yaitu disebut lapisan epidermis, lalu dibawahnya terdapat jaringan pengangkut *xylem* dan *floem*.

D. Bunga

Bunga pada eceng gondok berbentuk seperti mahkota dan berwarna lembayung muda. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) termasuk kedalam kategori tumbuhan berbunga majemuk, yang memiliki jumlah 6 – 35 berbentuk karangan bunga bulir dengan putik tunggal.

2.5.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Eceng Gondok

Dalam pertumbuhannya tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Menurut (Sundariani, 2017) faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah 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

A. Sinar Matahari

Dalam pertumbuhannya eceng gondok sangat memerlukan paparan sinar matahari yang cukup setiap harinya untuk membantu berlangsungnya proses fotosintesis.

B. Suhu

Suhu optimum eceng gondok yaitu sebesar 25° - 30° c.

C. pH

Kondisi pH air yang sesuai dengan eceng gandok yaitu air dengan kisaran pH minimum 3,5 hingga 10 maksimum.

D. Nutrisi

Unsur hara yang diperlukan oleh eceng gondok yaitu berupa unsur nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K).

2.5.4 Dampak Eceng Gondok

Sebagai salah satu jenis tanaman gulma yang ada, eceng gondok memiliki dampak positif dan juga negatif terhadap lingkungan tempatnya tumbuh. Berikut ini adalah dampak baik dan buruk dari eceng gondok, menurut (Hasyim, 2016):

A. Dampak Positif Eceng Gondok

Adapun dampak positif dari adanya tanaman eceng gondok adalah sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk kompos.
2. Dapat menyerap logam-logam berat dan senyawa sulfida.
3. Dapat digunakan sebagai sistem filtrasi biologis untuk menghilangkan polutan.

B. Dampak Buruk Eceng Gondok

Adapun dampak positif dari adanya tanaman eceng gondok adalah sebagai berikut:

1. Menurunnya tingkat kelarutan oksigen dalam air yang dikarenakan penurunan intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan.
2. Mempercepat terjadinya proses pendangkalan pada

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

perairan.

3. Meningkatnya habitat bagi vektor penyakit pada manusia.
4. Mengurangi keanekaragaman spesies yang tumbuh di perairan.

2.6 Nutrisi (NPK)

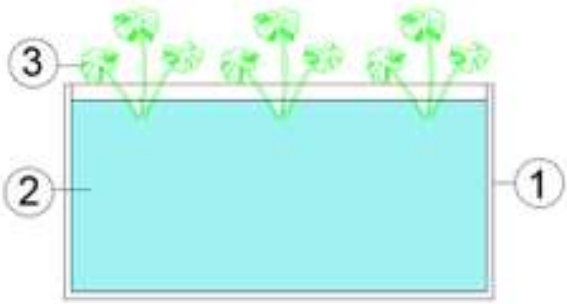
Menurut Vine 1953 dalam (Firmansyah dkk., 2017), nutrisi utama yang dibutuhkan oleh sebuah tanaman dalam proses pertumbuhannya yaitu, nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Kurangnya pasokan nutrisi selama proses pertumbuhan tanamman dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kemampuan reproduksi pertumbuhan tanaman dan hasil tanaman). Penggunanan pupuk NPK dapat menjadi solusi dan alternatif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman (Haryadi dkk., 2015).

Pemberian pupuk anorganik terhadap tanaman bertujuan untuk menjaga ketersediaan nutrisi tanaman, agar pertumbuhan tanaman tetap seimbang selama proses pertumbuhan (Hayati, 2010). Pemberian unsur hara berupa pupuk NPK terhadap *E. dulcis* dapat meningkatkan pertumbuhan dalam proses fitoremediasi (Arisandy, 2018).

2.7 Sistem Batch

Sistem batch merupakan sebuah proses memasukkan semua reaktan kedalam reaktor pada awal proses dan dibiarkan hingga akhir proses, dengan aturan reaktan yang dimasukkan dari awal proses hingga akhir proses tidak mengalami perubahan. Pada dasarnya sistem batch memiliki pola kerja yang sederhana yaitu pada sistem ini reaktan dibuat tergenang pada perlakuan, dengan asumsi selama waktu genang tersebut reaktan akan berproses dengan tanaman dan media secara fitoremediasi (Anam dkk., 2013). Adapun gambar dari reaktor sistem batch adalah seperti pada **Gambar2.3** berikut 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 2. 3 Reaktor Sistem Batch

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Keterangan:

1 = Reaktor

2 = Reaktan

3 = Tanaman

Sistem batch membagi proses pengolahan menggunakan reaktor tunggal, di mana proses operasi terdiri dari pengisian, reaksi, pengendapan, pembuangan air limbah pasca fitoremediasi (Barsan dkk., 2017). Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh (Artiyani, 2011), mengingat percobaan yang dilakukan menggunakan sistem batch, maka pada bak reaktor tidak ada penambahan nutrient baru yang dapat mempengaruhi kehidupan mikroorganisme sehingga pada pertengahan waktu penelitian pertumbuhan mikroorganisme telah mencapai titik optimal terhadap ketersediaan *nutrient*. Sehingga kondisi ini menyebabkan terjadinya keseimbangan antara pertumbuhan dan kematian mikroorganisme atau biasa disebut sebagai *stationary phase*.

2.8 Integrasi Penelitian Dengan Keislaman

Pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan akibat dari berbagai kegiatan industri yang dilakukan oleh manusia sehingga menyebabkan daur materi didalam lingkungan hidup mengalami perubahan struktur maupun keseimbangannya sehingga menyebabkan terganggunya keseimbangan lingkungan. Hal tersebut terjadi salah satunya dikarenakan perbuatan manusia yang demi memenuhi kebutuhannya justru mengabaikan efek samping terhadap keseimbangan lingkungan hidup. Hal tersebut seperti yang telah tercantum dalam firman Allah SWT. pada QS. AR-RUM Ayat 41 yang berbunyi:

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

ظَهَرَ ٱلۡفَسَادُ فِي ٱلۡبَرِّ وَٱلۡبَحۡرِ بِمَا كَسَبَتۡ أَيۡدِي ٱلنَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعۡضَ ٱلَّذِي عَمِلُواْ لَعَلَّهُمۡ يَرۡجِعُونَ

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan laut yang disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah SWT. Menghendaki agar mereka merasakan sebagaian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (kejalan yang benar)”.

Dan dalam firman Allah SWT. lainnya dalam Q.S Al-Baqarah ayat 30 yang berbunyi:

وَإِذۡ قَالَ رَبُّكَ لِلۡمَلَٰٓئِكَةِ إِنِّي جَاعِلٞ فِي ٱلۡأَرۡضِ خَلِيفَةٗۖ قَالُوٓاْ أَتَجۡعَلُ فِيهَا مَن يُفۡسِدُ فِيهَا وَيَسۡفِكُ ٱلدِّمَآءَ وَنَحۡنُ نُسَبِّحُ بِحَمۡدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَۖ قَالَ إِنِّيٓ أَعۡلَمُ مَا لَا تَعۡلَمُونَ

Artinya: “Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi. Mereka berkata: “Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?”. Tuhan berfirman: “Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui”.

Adapun maksud dari ayat tersebut yaitu, bahwa Allah SWT. telah menciptakan manusia sebagai khalifah di muka bumi untuk senantiasa berbuat kebaikan. Dari ayat tersebut dapat dipahami memiliki keterkaitan dengan lingkungan bahwa, hendaknya manusia harus bertanggung jawab terhadap pengelolaan lingkungan agar tidak terjadi kerusakan di muka bumi.

Dalam upaya pengelolaan lingkungan untuk mengatasi pencemaran logam berat dari kegiatan industri dapat dilakukan dengan melakukan pengolahan limbah secara biologis yaitu fitoremediasi dengan memanafaatkan tanaman yang telah Allah SWT. ciptakan di muka bumi ini sebagaimana dalam firman Allah SWT. Q.S Asy-Syu'ara' ayat 7 yang berbunyi:

أَوَلَمۡ يَرَوۡاْ إِلَى ٱلۡأَرۡضِ كَمۡ أَنۢبَتۡنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوۡجٖ كَرِيمٍ

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

Artinya: “Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?”.

2.9 Penelitian Terdahulu

Adapun berikut ini adalah daftar penelitian terdahulu yang digunakan sebagai rujukan penelitian ini yaitu:

1. Nur Azizah Hasyim, dengan judul “Potensi Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Dalam Mereduksi Logam Berat Seng (Zn) Dari Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo”. Tahun 2016.

   Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hari keberapa tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mampu mereduksi logam berat seng (Zn) dari perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo. Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan percobaan faktorial yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan ini meliputi perlakuan menggunakan satu jenis konsentrasi dan variasi waktu setelah penambahan logam seng (Zn). Konsentrasi yang dipilih adalah 10 ppm, sedangkan variasi waktu yang ditentukan adalah hari ke-3, hari ke-6 dan hari ke-9.

   Berdasarkan dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan yaitu eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berpotensi fitoremediasi dalam mereduksi logam berat seng (Zn) dari perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo pada hari ke 3 dengan nilai 1,2541 ppm yang tidak berbeda nyata dengan hari ke 6 dan hari ke 9 dengan masing-masing nilai 1,1954 dan 0,6295 dan berbeda nyata dengan H0 dari konsentrasi awal 10 ppm. Dari hasil penelitian terbukti bahwa tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berpotensi fitoremediasi dalam mereduksi logam berat Seng (Zn) dari perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo.

2. Kiki Aleli Vigiyanti, Lise Chamisijatin, dan Rr. Eko Susetyarini dengan judul “Pengaruh Umur Tanaman Terhadap Penyerapan Logam Pb Pada *Azolla microphylla* Dimanfaatkan Sebagai Sumber Belajar Biologi”.

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

Tahun 2017.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh umur tanaman terhadap penyerapan logam Pb. Jenis penelitian yang digunakan adalah Pra *Experimental* dan desain yang digunakan adalah *The Posttest Only Control Group Design* yaitu penelitian dengan meletakkan subyek secara random sebagai variabel independen diberi *post test* tanpa *pre test*.

Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan 3 umur tanaman sebagai perlakuan (6 minggu, 8 minggu dan 10 minggu) dan diulang sebanyak 9 kali. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh tanaman *Azolla microphylla* yang ada di Pusbang Bioteknologi UMM. Sampel pada penelitian ini adalah 27 sampel tanaman yang terdiri dari 3 umur tanaman.

Data hasil uji adanya pengaruh umur tanaman terhadap penyerapan logam Pb dianalisis dengan Anova 1 faktor, dilanjutkan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan ada pengaruh umur tanaman terhadap penyerapan logam Pb. Berdasarkan hasil uji Duncan 5% menunjukkan bahwa tanaman *Azolla microphylla* menyerap logam Pb tertinggi pada umur 8 minggu.

3. Putri Indah Hartanti, Alexander Tunggul, Sutan Haji, dan Ruslan Wirosoedarmo, dengan judul "Pengaruh Kerapatan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Penurunan Logam Kromium Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit". Tahun 2016.

   Industri penyamakan kulit merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah berbahaya berupa padatan maupun cairan yang mengandung logam kromium. Metode yang digunakan untuk meremediasi logam kromium tersebut adalah fitoremediasi. Tanaman yang berpotensi menjadi fitoremediator logam berat adalah eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*). Pengamatan dilakukan pada hari ke-7, hari ke-14, hari ke-21 dan hari ke-28. Parameter yang diamati adalah konsentasi kromium, nilai oksigen terlarut (DO), nilai derajat keasaman (pH) dan nilai suhu.

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 penelitian menunjukkan bahwa kerapatan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam proses fitoremediasi pada limbah cair penyamakan kulit dapat turun pada hari ke 28 sehingga konsentrasi kromium pada kerapatan tanaman 6 individu sebesar 2.23 mg, pada kerapatan tanaman 4 individu sebesar 2.20 mg, dan kerapatan tanaman 2 individu sebesar 2.14 mg. Selain itu dapat menurunkan nilai derajat keasaman pada hari ke-28 sebesar 5.42 mg dengan kerapatan tanaman 6 individu. Sedangkan nilai oksigen terlarut dapat naik pada hari ke-28 sebesar 5.99 mg dengan kerapatan tanaman 6 individu. Nilai suhu naik menjadi 26-30ʻC pada kerapatan tanaman 6 individu.

4. Emi Erawati dan Harjuna Mukti Saputra, dengan judul "Pengaruh Konsentrasi Terhadap Fitoremediasi Limbah Zn Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)". Tahun 2017.

   Pada penelitian ini, Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) akan dimanfaatkan untuk proses fitoremediasi air limbah Zn. Eceng gondok dipilih sebagai tanaman fitoremidiasi karena merupakan jenis gulma air yang sangat cepat tumbuh dan mempunyai daya adaptasi terhadap lingkungan baru yang sangat besar sehingga merupakan gangguan kronis dan sulit dikendalikan. Bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari eceng gondok, zink powder, dan aquades. Alat yang digunakan adalah botol air mineral.

   Penelitian dibagi dalam 2 tahap aklimatisasi dan fitoremidiasi. Pada tahap aklimatisasi eceng gondok dimasukkan ke dalam 500 mL aquadest. Eceng gondok berada didalam aquades selama 216 jam atau 9 hari. Pada tahap fitoremidiasi eceng gondok yang telah di-aklimatisasi dimasukkan kedalam limbah Zn dengan konsentrasi 1,2,3,4,5,6,7,8 dan 9 ppm. Fitoremidiasi dilakukan selama 9 hari dan setiap 24 jam tanaman diukur massa tanaman, panjang daun, dan akar. Pada variasi konsentrasi sebesar 1 ppm limbah cair Zn terjadi kenaikan massa tanaman dari berat awal 92,81 gram menjadi 96,988 gram selama 9 hari. Namun tanaman mengalami kerontokan pada akar dan daun sehingga menguning. Pada konsentrasi 2 ppm sampai 7 ppm terjadi

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

penurunan massa tanaman pada hari ke-8. Namun tanaman belum mengalami kematian. Eceng gondok mengalami gejala awal dari kematian tanaman, yaitu akar yang mulai rontok, daun menguning, dan daun layu. Pada konsentrasi 8 ppm terjadi penurunan massa tanaman pada hari ke 6 sampai hari ke 9, dan pada konsentrasi 9 ppm terjadi penurunan massa tanaman pada hari ke 6 juga sampai hari ke 9. Dan pada air kran, tanaman kayu terus mengalami kenaikan massa hingga hari ke 9.

5. Dwi Savitri Vidyawati dan Herlina Fitrihidajati, dengan judul "Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Melalui Pengenceran Terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu". Tahun 2019.

   Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh fitoremediasi melalui pengenceran limbah cair tahu 25% terhadap nilai pH, NH_3, NO_2, NO_3 dan mengetahui morfologi serta biomassa eceng gondok setelah penelitian.

   Jenis penelitian ini adalah *eksperimen*. Perlakuan yang digunakan yaitu pengolahan limbah cair tahu secara pengenceran 25% dan fitoremediasi eceng gondok setelah pengenceran. Parameter yang diukur meliputi pH, NH_3, NO_2, NO_3, biomassa, dan morfologi eceng gondok. Data dianalisis menggunakan anova satu arah kemudian dilanjutkan dengan Uji Duncan taraf 5% dan dianalogikan dengan standart baku mutu SK Gubernur Jatim No.45 Tahun 2002.

   Hasil penelitian menunjukkan bahwa fitoremediasi eceng gondok melalui pengenceran 25% mampu memperbaiki pH dari 4,21 menjadi 7,34, menurunkan kadar NH_3 dari 6,41 menjadi 1,65, kadar NO_2 dari 1,94 menjadi 0,46 serta kadar NO_3 dari 15,91 menjadi 11,77. Morfologi eceng gondok daunnya masih hijau sampai akhir perlakuan dan biomassa eceng gondok bertambah sampai akhir perlakuan. Fitoremediasi eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) melalui pengenceran 25% berpotensi untuk memperbaiki kualitas limbah cair tahu sesuai standart baku mutu untuk parameter pH, NO_2 dan NO_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

6. Ramadhan Tosepu, dengan judul "Laju Penurunan Logam Berat Plumbum (Pb) dan Cadmium (Cd) Oleh *Eichhornia crassipes* dan *Cyperus papyrus*". Tahun 2012.

   Penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis lama waktu (hari) laju penurunan logam berat plumbum dan cadmium oleh *Eichhornia crassipes* dan *Cyperus papyrus*. (2) membandingkan laju penurunan logam lumbum dan cadmium oleh *Eichhornia crassipes* dan *Cyperus papyrus*.

   Penelitian ini dilaksanakan di Kota Makassar dengan pemeriksaan sampel air dilakukan di Laboratotium Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau Maros. Data dianalisis dengan menggunakan analisis statistic dengan uji T test dan uji Post Hoc Test. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Plumbum lebih cepat terakumulasi habis dengan menggunakan tumbuhan *Eichhornia crassipes* dibandingkan dengan menggunakan tumbuhan *Cyperus papyrus*. Logam berat plumbum dan Cadmium memiliki laju penurunan yang cepat oleh tumbuhan *Eichhornia crassipes* dibandingkan dengan tumbuhan *Cyperus papyrus.*

7. Lamria Sidauruk dan Patricius Sipayung, dengan judul "Fitoremediasi Lahan Tercemar di Kawasan Industri Medan Dengan Tanaman Hias". Tahun 2015.

   Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan teknologi fitoremediasi dengan menguji beberapa tanaman hias yang berbeda yang ditanam pada tanah dengan tingkat kontaminasi yang berbeda. Penelitian ini menguji delapan jenis tanaman hias yaitu: *Sanseviera trifasciata*, *Dracaena fragrans*, *Diffenbachia sp*, *Phylodendron hederaceam*, *Agave sp*, *Codiatum variegatum*, *Anthurium crystallium*, dan *Chrysalidocarpus lutescens*.

   Parameter yang diamati adalah produksi biomassa dan penyerapan logam berat oleh tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan produksi biomassa terbesar terdapat pada tanaman *Diffenbachia sp*. diikuti oleh *Codiatum variegatum*, *Chrysalidocarpus*

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

lutescens, *Sanseviera trifasciata* dan *Dracaena fragrans*. Serapan logam berat paling tinggi terdapat pada tanaman *Codiatum variegatum* (291 mg / kg) diikuti oleh *Diffenbachia sp*. (246 mg / kg), *Chrysalidocarpus lutescens* (185 mg / kg), *Sanseviera trifasciata* (162 mg / kg) dan *Dracaena fragrans* (102mg/kg).

8. Juhriah dan Mir Alam, dengan judul "Fitoremediasi Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Tanah Dengan Tanaman *Celosia plumosa* (Voss) Burv". Tahun 2016.

   Penelitian bertujuan untuk melakukan fitoremediasi logam merkuri (Hg) pada tanah menggunakan tanaman *Celosia plumose* (Voss) Burv. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 4 perlakuan (sumber tanah) dan 3 kelompok, 5 tanaman *Celosia plumosa* (Voss) Burv. setiap unit penelitian. Analisis kandungan merkuri (Hg) tanah (sebelum dan setelah fitoremediasi) dan jaringan tanaman menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom.

   Data yang diperoleh diolah secara statistik dengan Analisi variansi (Anova) dan uji lanjut Beda Nyata terkecil (BNT). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa kandungan merkuri (Hg) pada tanah dan tanaman setelah fitoremediasi tidak berbeda nyata. Keempat jenis tanah tersebut memiliki kandungan merkuri (Hg) tinggi diatas ambang batas kandungan merkuri (Hg) alami tanah.

   Fitoremediasi menggunakan *Celosia plumosa* (Voss) Burv. mampu menurunkan kandungan merkuri (Hg) pada keempat jenis tanah (81,25 sampai 98,68%), bahkan pada tanah kebun dan tanah sawah reduksi kandungan merkuri (Hg) mencapai nilai dibawah ambang batas kandungan merkuri (Hg) alami tanah.

9. Yuliana Herman Welhelmus Djo, Dwi Adhi Suastuti, dan Wahyu Dwijani dengan judul "Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Untuk Menurunkan COD dan Kandung Cu dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik Universitas Udayana". Tahun 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

Studi penelitian ini mengolah limbah cair dari Laboratorium Analisis Universitas Udayana dengan cara fitoremediasi menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Fitoremediasi menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dilakukan untuk mengurangi kandungan COD, Cu, dan Cr dari limbah cair Laboratorium Analisis Universitas Udayana.

Penelitian dilakukan dengan membiarkan 840 gram eceng gondok tumbuh dalam 5 dm3 limbah cair selama 14 hari. Konsentrasi COD, Cu dan Cr dalam limbah cair diukur setiap hari selama 14 hari, untuk menentukan efektivitas reduksi dan kapasitas adsorpsi eceng gondok air pada parameter tersebut.

Hasil menunjukkan bahwa semua parameter turun dalam pengobatan 14 hari dari 47,04; 0,375; dan 2,58 mg / L hingga 26,34; 0,111; dan 0,72 mg / L untuk COD, [Cu], dan [Cr] masing-masing. Efektivitas pengurangan untuk masing-masing parameter adalah 42,36%, 68,73%, dan 42,4%. Kapasitas adsorpsi adalah 0,1232; 0,0016; dan 0,0051 mg / g eceng gondok masing-masing.

10. Amriarni, Boedi Hendrarto, dan Agus Hadiyarto, dengan judul "Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara granosa L.*) dan Kerang Bakau (*Polymesoda bengalensis L.*) di Perairan Teluk Kendari". Tahun 2011.

    Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat Pb dan Zn pada air, sedimen, dan jaringan kerang dan mengkaji faktor bioakumulasi logam berat Pb dan Zn pada dua jenis kerang. Sampel air, sedimen dan kerang diambil pada kedua lokasi pengambilan kerang, tiap lokasi 3 titik pengambilan dengan 3 kali ulangan analisis.

    Hasil Penelitian menunjukkan bahwa logam Pb dan Zn di air pada tiap lokasi telah melampaubaku mutu, kadar tertinggi masing-masing 0,018 mg/L dan 0,793 mg/L, sedangkan pada sedimen tertinggi masing-masing 0,823 mg/Kg dan 6,919 mg/Kg, dan pada jaringan kerang menunjukan hasil bahwa kerang ukuran besar mengandung logam Pb dan Zn lebih tinggi, masing-masing 1,750 dan 9,863 mg/Kg. (sedimen

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

dan kerang belum melampau baku mutu). Nilai BCFo-w logam Pb tertinggi 119,20 pada kerang bakau dan Zn tertinggi 35,99 pada kerang darah. Berdasarkan kategori nilai IFK (BCF untuk logam Pb dan Zn termasuk dalam kategori rendah hingga sedang.

11. Lutfiana Sari Indah, Boedi Hendrarto, dan Prijadi Soedarsono, dengan judul "Kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia sp.*), Kangkung Air (*Ipomea sp.*), dan Kayu Apu (*Pistia sp.*) Dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium)". Tahun 2014.

    Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perlakuan terbaik dalam menurunkan kandungan bahan organik limbah tahu dengan menggunakan tanaman eceng gondok *(Eichhornia sp.*), kangkung air (*Ipomea sp.*) dan kayu apu (*Pistia sp.*), serta mengetahui kondisi fisik tanaman dan air yang dilihat dari nilai hue. Metode yang digunakan adalah *eksperimen* skala laboratorium dengan menggunakan wadah percobaan berupa ember bervolume 15 L yang diisi dengan limbah tahu dengan konsentrasi 25% sebanyak 10 L.

    Variabel utama penelitian adalah kandungan bahan organik pada media percobaan yang didukung dengan berat basah tanaman, nilai hue air dan daun serta kualitas air (pH dan suhu). Rancangan percobaan adalah RBD (*Randomize Block Design*) dengan 2 perlakuan dan 4 kali ulangan. Perlakuan pertama jenis tanaman (eceng gondok, kangkung air dan kayu apu), perlakuan kedua sebagai blok adalah waktu (hari ke-7, ke-14, ke-21 dan ke-28). Data bahan organik dianalisis dengan *Analysis of Variant* (Anova) dan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf signifikan 95%.

    Hasil penelitian menunjukkan bahwa eceng gondok (*Eichhornia sp.*) memberikan hasil terbaik dalam menurunkan bahan organik limbah tahu hingga menjadi 195± 48.61 mg/l dengan daun masih tampak hijau dan warna air coklat bening.

12. Anis Artiyani, dengan judul "Penurunan Kadar N-Total dan P-Total Pada Limbah Cair Tahu Dengan Metode Fitoremediasi Aliran Batch dan Kontinyu Menggunakan Tanaman *Hydrilla verticillata*". Tahun

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

2011.

Penelitian ini menggunakan tanaman *Hydrilla verticillata* dengan memvariasikan pola aliran, yaitu batch dan kontinyu; 3 variasi kerapatan tanaman, yaitu kerapatan tanaman 70 mg/cm2, 80 mg/cm2 dan 90 mg/cm2; 3 variasi waktu detensi, yaitu hari ke-2, ke-4, dan ke-6; serta 2 parameter uji, yaitu N Total dan P Total.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman *Hydrilla verticillata* mampu menurunkan konsentrasi N Total sebesar 72,76% dan P Total sebesar 60,40% pada reaktor batch; sedangkan pada reaktor kontinyu mampu menurunkan konsentrasi N Total sebesar 75,39% dan P Total sebesar 85,29%.

13. Foluso O. Agunbiade a, Bamidele I. Olu-Owolabi, and Kayode O. Adebowale, dengan judul "*Phytoremediation potential of Eichhornia crassipes in metal-contaminated coastal water*". Tahun 2009.

    Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi *Eichhornia crassipes* sebagai agen fitoremediasi dalam pembersihan logam dari daerah pantai yang terkontaminasi. Jenis logam yang dievaluasi dalam penelitian ini yaitu, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, V dan Zn dinilai dalam air dan akar tanaman dan pucuk dari daerah pesisir Ondo State, Nigeria dan nilai-nilai tersebut digunakan untuk mengevaluasi pengayaan faktor (EF) dan faktor translokasi (TF).

    Hasil dari penelitian ini yaitu, konsentrasi kritis logam lebih rendah daripada yang ditentukan untuk *hiperakumulator* sehingga mengklasifikasikan agen fitoremediasi sebagai akumulator, tetapi EF dan TF mengungkapkan bahwa agen fitoremediasi mengakumulasi logam beracun seperti Cr, Cd, Zn, Pb dan As baik pada akar maupun pada saat fotosintesis di tingkat tinggi yang menunjukkan bahwa tanaman yang membentuk biomassa besar di permukaan air dapat berfungsi sebagai tanaman untuk fitoremediasi.

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

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental skala laboratorium, yang dimana pada penelitian ini melakukan uji fitoremediasi logam berat seng (Zn) menggunakan tanaman eceng gondok dengan sistem batch. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah dengan pendekatan kualitatif dan deskriptif, yang dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kejadian yang terjadi selama masa uji fitoremediasi ini.

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Desember 2019, diawali dengan pengambilan anakan dari tunas tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang ada di Sungai Bozem Moro Krembangan, Surabaya (**Gambar 3.1**). Proses pengambilan anakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dibagi dalam 3 waktu pengambilan dengan interval 2 minggu setiap pengambilannya. Kemudian dilanjutkan dengan proses aklimatisasi dan penanaman (**Gambar 3.2**) di Laboratorium Mandiri.

Gambar 3. 1 Sungai Bozem Morokrembangan, Surabaya

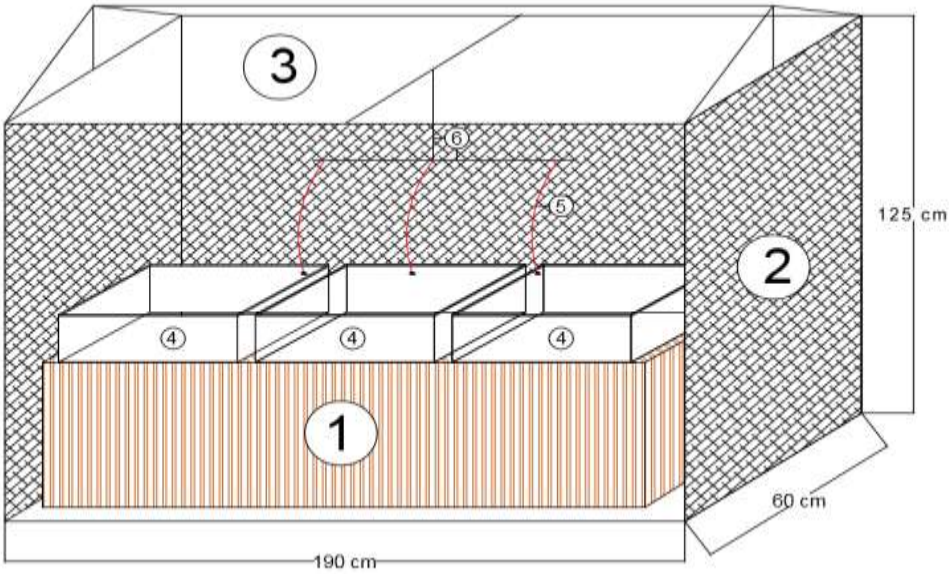
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3. 2 Bak Penanaman dan Aklimatisasi

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 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

Proses pembuatan limbah artifisial dilakukan di Laboratorium Integrasi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Ruang Fisik, Kimia, dan Lingkungan. Selanjutnya untuk tahap penelitian fitoremediasi, pengukuran suhu, pengukuran pH, dan ciri fisik tanaman (perubahan warna daun dan batang, berat basah tanaman, dan lebar daun) dilakukan di *Greenhouse* Mandiri (**Gambar 3.1**). Untuk pengujian sampel air parameter Seng (Zn) dilakukan di Balai Riset dan Standarisasi Kota Surabaya (BARISTAN).



Gambar 3. 3 Layout *Greenhouse* Mandiri

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Keterangan:

1. Kayu Palet, sebagai dudukan reaktor.
2. Jaring Paranet, sebagai penutup dari *Greenhouse*.
3. Plastik UV, sebagai penutup atap *Greenhouse*.
4. Reaktor.
5. Selang Aerator, sebagai suplai oksigen.
6. Kawat, sebagai penyangga selang aerator.

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 Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan alat dan bahan dengan rincian sebagai berikut:

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, 9 buah bak plastik kotak berukuran panjang 29 cm x lebar 35 cm x tinggi 12 cm, 3 buah reaktor batch dengan ukuran panjang 50 cm x lebar 30 cm x tinggi 15 cm, aerator, 36 buah botol sampel 50 ml, termometer, pH meter, pipet, gelas baker, dan timbangan digital.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi, tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan 3 beda umur tanaman yaitu umur 4 minggu, 6 minggu, 8 minggu, air sumur, aquades, pupuk NPK, dan larutan limbah artifisial Seng ($ZnSO_4$) dengan konsentrasi 7,84 ppm.

3.4 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini memiliki 2 macam variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini meliputi umur tanaman dan banyaknya jumlah tanaman yang diberikan pada tiap reaktor.

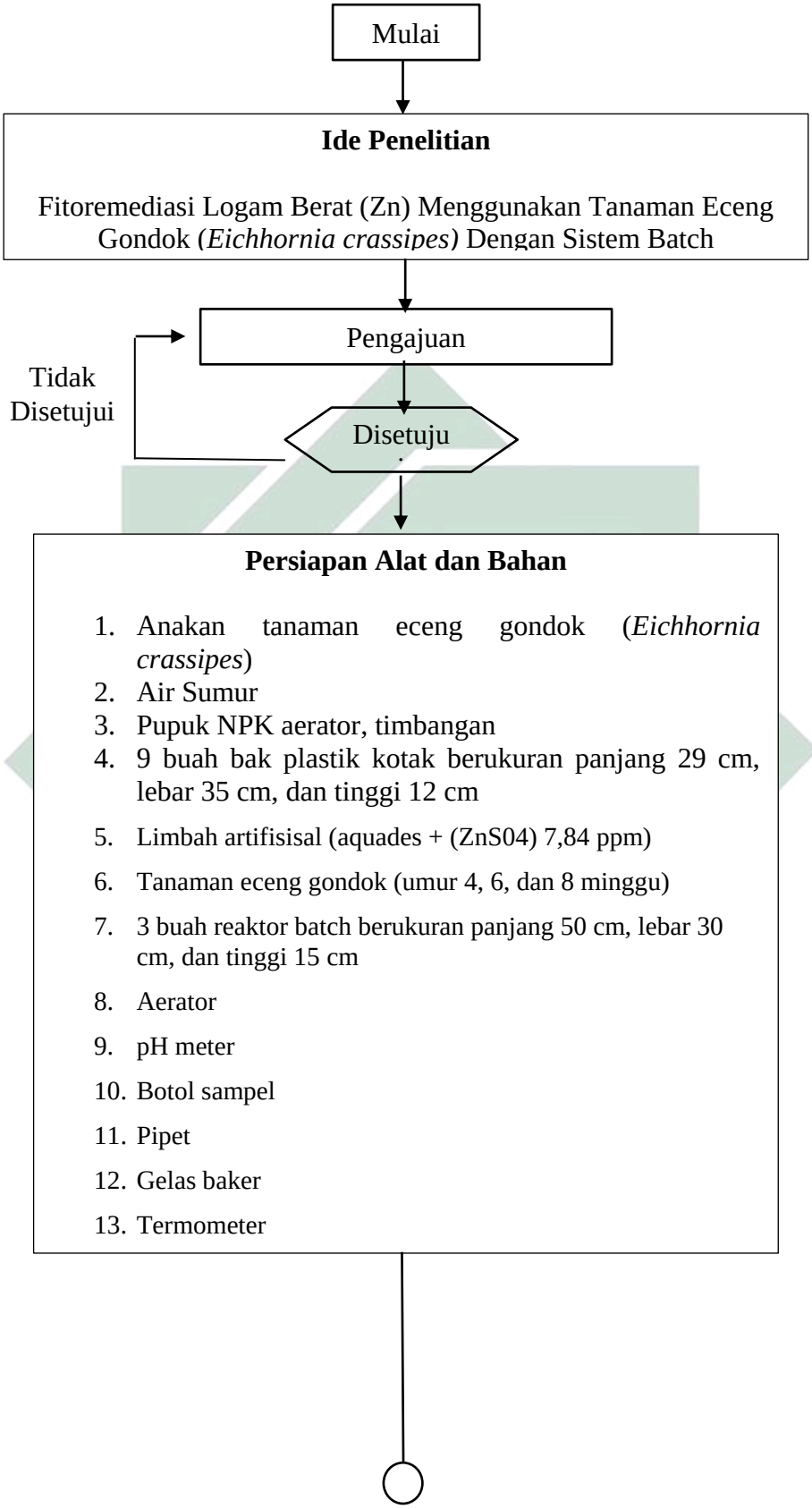
3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini yaitu, berupa larutan limbah artifisial Seng ($ZnSO_4$) dengan konsentrasi 7,84 ppm.

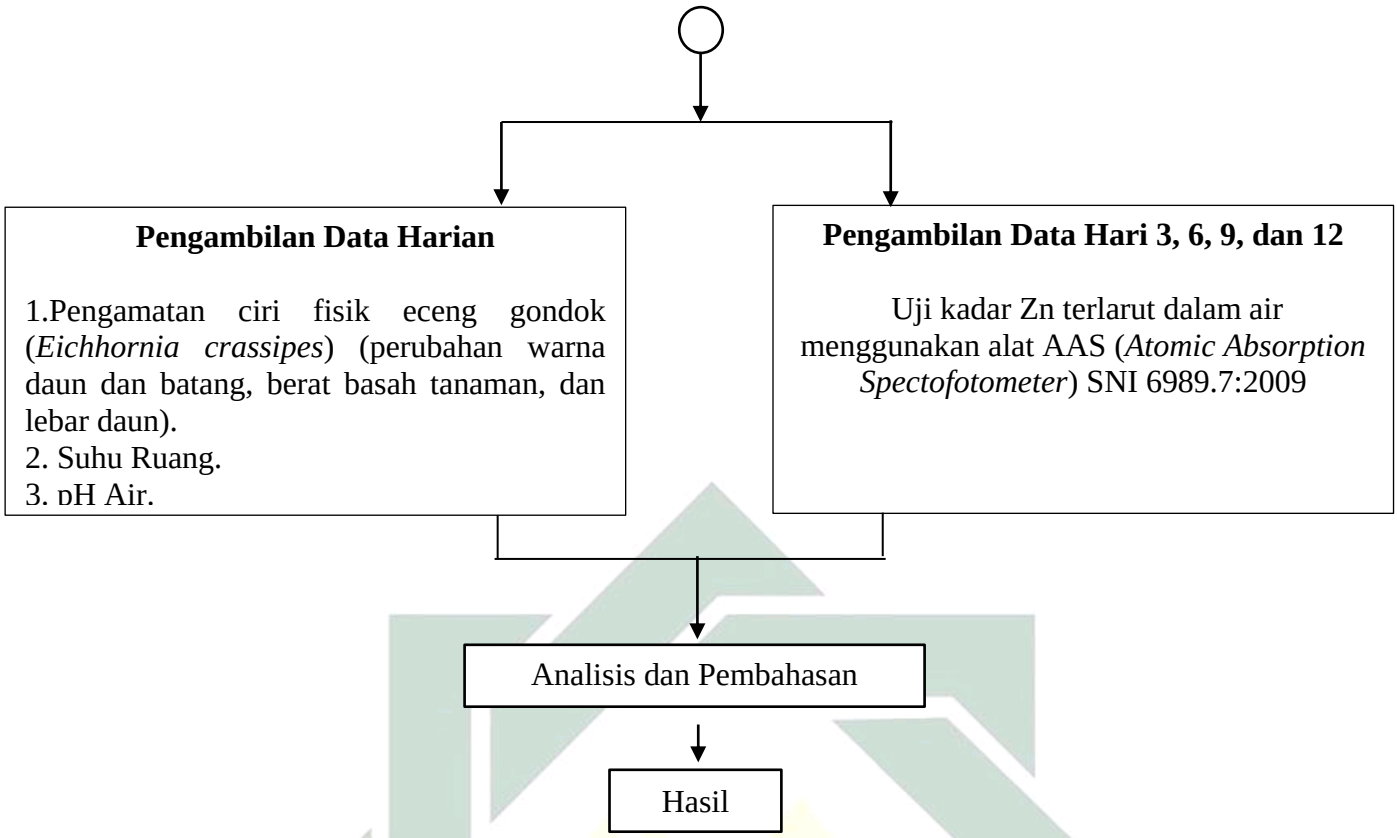
3.5 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan dari penelitian ini akan dijelaskan pada **Gambar 3.4** berikut 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



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. 4 Diagram Penelitian

Sumber: Hasil Analisa, 2020

3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

A. Tahap Persiapan Tanaman

Dalam tahap persiapan ini menggunakan alat yaitu bak kotak plastik dengan ukuran panjang 29 cm x lebar 35 cm, x tinggi 12 cm, aerator dan timbangan digital, lalu bahan yang disiapkan yaitu anakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang diambil dari Sungai Bozem Moro Krembangan, Surabaya, air sumur sebagai media tanam eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), dan pupuk (NPK) sebagai nutrisi selama masa persiapan tanaman.

B. Tahap Penelitian Tanaman

Dalam persiapan ini menggunakan aerator, 3 buah reaktor batch dengan ukuran panjang 50 cm x lebar 30 cm x tinggi 12 cm, lalu tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan umur 4 minggu, 6 minggu, dan 8 minggu. Lalu dipersiapkan limbah artifisial berupa aquades yang dilarutkan bersama dengan serbuk logam berat Seng ($ZnSO_4$) dengan konsentrasi 7,84 ppm.

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

Adapun perhitungan dalam pembuatan sampel limbah artifisial adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Ar Zn = 65 Mr $ZnSO_4$ = 287

Kemurnian = 99%

Membuat Larutan Induk $ZnSO_4$ 1000 ppm, 1000 ml

M = $\frac{n}{v}$, n = $\frac{gr}{Ar}$

M = $\frac{gr}{v\ Ar\ Zn}$ = 1000 ppm = 1 gr/l

M = $\frac{1gr}{65}$ = 0.015 M

Larutan yang akan dibuat Molaritasnya 0.015 M, 1000 ml

M = $\frac{gr}{Mr\ ZnSO4}$ x $\frac{1000}{ml}$

0.015 M = $\frac{gr}{287}$ x $\frac{1000}{1000}$

gr = 0,015 x 287

= 4,3 gr = 430 mg

$ZnSO_4$ ditimbang

= $\frac{gr}{\%\ kemurnian}$

= $\frac{4,3\ gr}{0,99}$

= 4,34 gr = 434 mg

Pembuatan larutan konsentrasi 7,84 ppm, 20000 ml

$C_1 . V_1 = C_2 . V_2$

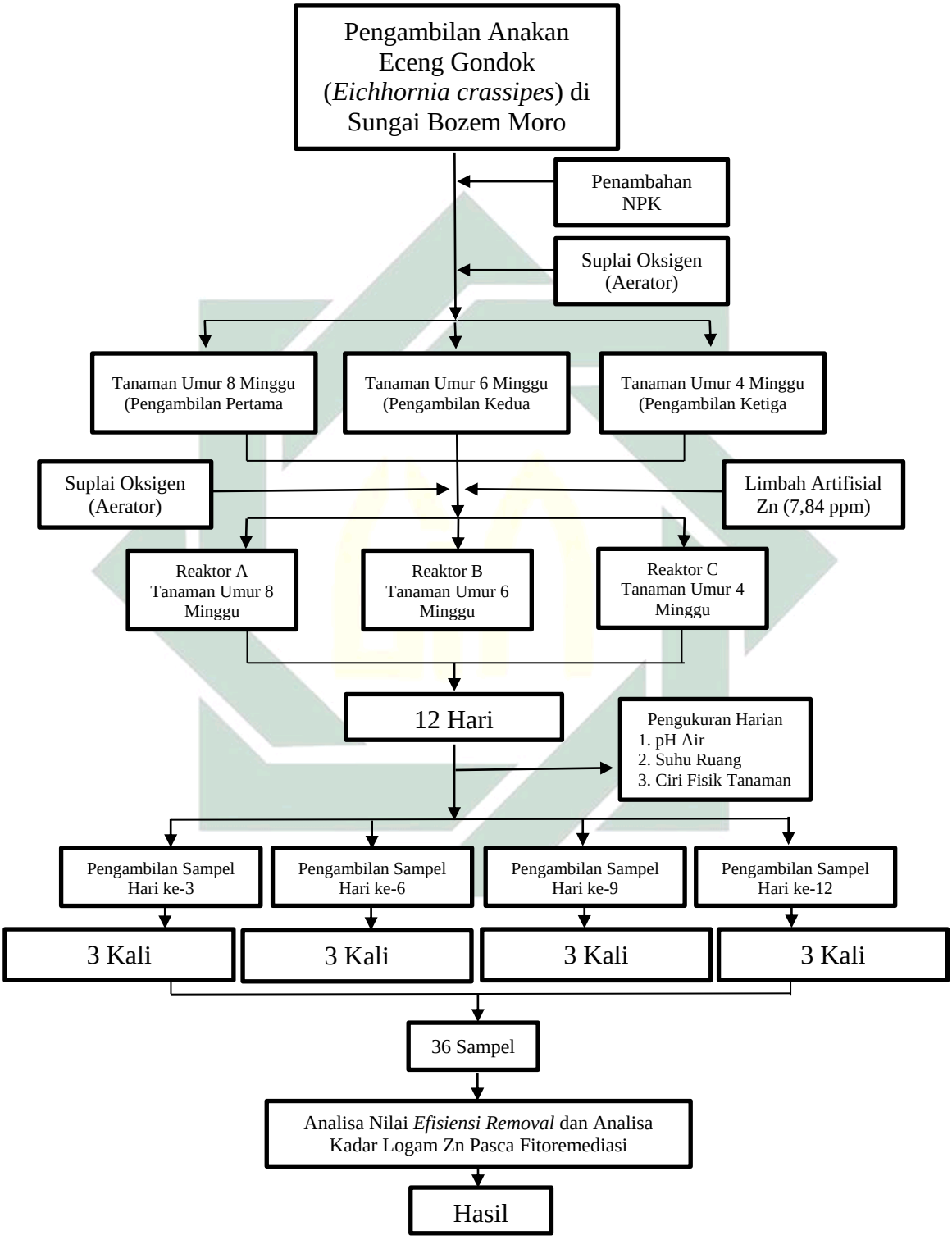
1000 ppm. V_1 = 7,84 ppm . 20000 ml

V_1 = 255 ml

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

3.4.2 Kerangka Penelitian

Adapun kerangka dari penelitian ini dijelaskan pada **Gambar 3.5** berikut ini:



Gambar 3. 5 Kerangka Penelitian

Sumber: Hasil Analisa, 2020

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

3.4.3 Tahap Aklimatisasi dan Penanaman

Pada tahap ini dilakukan sebanyak 3 kali karena pengambilan anakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) juga dilakukan sebanyak 3 kali dengan interval waktu yaitu 2 minggu, hal ini bertujuan untuk mendapatkan 3 umur tanaman berbeda yaitu tanaman umur 4, 6, dan 8 minggu. Adapun rincian proses dari tahap ini adalah sebagai berikut:

A. Proses Aklimatisasi

Proses aklimatisasi ini dilakukan untuk mengadaptasikan tanaman yang akan digunakan sebagai agen fitoremediasi yaitu eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan lingkungan baru. Hal pertama yang dilakukan yaitu membersihkan terlebih dahulu anakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang diambil dari sungai, kemudian dipindahkan pada bak plastik kotak yang berisikan air sumur dan air dari tempat asalnya dengan waktu toleransi yaitu selama 7 hari.

B. Proses Penanaman

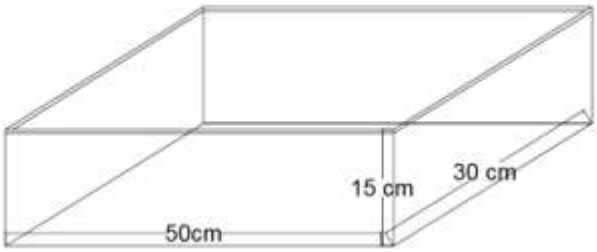
Setelah diaklimatisasi selama 7 hari, dilanjutkan dengan proses penanaman. Pada proses ini air media tanam pada bak plastik kotak diganti menggunakan air sumur penuh untuk penanaman hingga umur tanaman yang diinginkan yaitu umur 4 minggu, 6 minggu, dan 8 minggu. Selama proses penanaman media tanam diberi perlakuan penambahan aerator yang bertujuan untuk memberikan suplai oksigen bagi tanaman dan ditambahkan nutrisi berupa NPK sebanyak 22 gr agar pertumbuhan tanaman tetap seimbang selama proses penanaman (Hayati, 2010).

3.4.4 Uji Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok

Setelah tahap aklimatisasi dan penanaman selesai, tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang akan digunakan dipisahkan berdasarkan beda umur tanaman yang diketahui dari hasil penanaman sebelumnya yaitu tanaman umur 4 minggu, 6 minggu, dan 8 minggu. Tanaman berumur 8 minggu diberikan pada reaktor a, tanaman umur 6

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

minggu pada reaktor b, dan tanaman umur 4 minggu pada reaktor c. Adapun gambar dari reaktor batch yang akan digunakan adalah sebagaimana pada **Gambar 3.6** berikut ini:



Gambar 3. 6 Reaktor Sistem Batch

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Adapun pemberian jumlah tanaman pada tiap reaktornya ditentukan berdasarkan kerapatan tanaman pada reaktor. Hal tersebut mengacu pada penelitian terdahulu dari (Hartanti dkk., 2017) mengenai variasi pengaruh kerapatan jumlah tanaman berdasarkan penelitian yang menyatakan semakin tinggi tingkat kerapatan tanaman, maka semakin kecil pula sisa pencemar yang tertinggal pada air. Untuk perlakuan yang diberikan pada uji fitoremediasi ini yaitu, pada tiap reaktornya diberikan aerator dan air limbah artifisial sebanyak 20 liter dengan kadar logam berat Zn 7,84 ppm.

3.6 Pengambilan Data

Proses pengambilan data pada penelitian terbagi menjadi 2 yaitu pengambilan data harian yang meliputi ciri fisik tanaman (perubahan warna daun dan batang, berat basah tanaman, dan lebar daun), suhu ruang, pH air, dan berat basah tanaman. Kemudian pengambilan data 3 hari sekali selama 12 hari yaitu pengambilan air sampel sebanyak 50 ml pada tiap reaktornya dengan 3 kali pengulangan (satu waktu) untuk kemudian diujikan kandungan kadar logam Zn dengan metode spektrometri menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectofotometer*) sesuai SNI 6989.7:2009 di Balai Riset dan Standarisasi Kota Surabaya (BARISTAN).

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

3.7 Hipotesis

Adapun hipotesis dari penelitian ini yaitu:

1. H0: Tidak ada hubungan antara umur dan jumlah tanaman dengan nilai nilai konsentrasi.
2. H1: Ada hubungan antara umur dan jumlah tanaman dengan nilai konsentrasi.

3.8 Rancangan Percobaan

Pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang disusun dalam 3 kali pengambilan sampel dengan 3 kali pengulangan pada setiap sampelnya. Rancangan ini memiliki 2 variabel yaitu umur tanaman dan jumlah tanaman, adapun kombinasi dari kedua variabel tersebut ditampilkan pada **Tabel 3.1** berikut ini:

Tabel 3. 1 Rancangan Kombinasi Variabel Percobaan

X/Y	Y_1	X/Y	Y_2	X/Y	Y_3
X_1	X_1, Y_1	X_2	X_2, Y_2	X_3	X_3, Y_3

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Keterangan:

X = Umur Tanaman

Y = Banyaknya Tanaman

Dari tabel diatas maka diperoleh kombinasi perlakuan sebagai berikut:

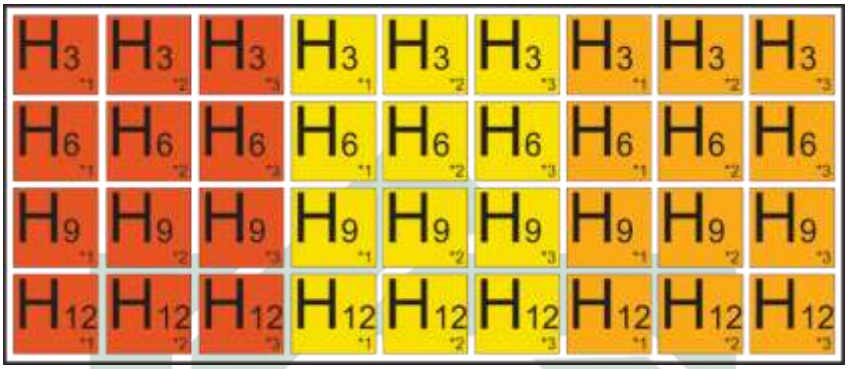
X_1Y_1 = Tanaman umur 4 minggu dengan jumlah tanaman 4

X_2Y_2 = Tanaman umur 6 minggu dengan jumlah tanaman 3

X_3Y_3 = Tanaman umur 8 minggu dengan jumlah tanaman 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

Dari setiap kombinasi perlakuan dilakukan proses fitoremediasi selama 12 hari dengan rincian pengambilan sampel air limbah sebanyak 50ml setiap 3 hari sekali dan dengan 3 pengulangan pada setiap reaktornya dengan jumlah sampel keseluruhan yaitu sebanyak 36 sampel yang ditampilkan pada **Gambar 3.9** berikut ini:



Gambar 3. 7 Layout Sampel

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Keterangan:

= Tanaman Umur 4 Minggu

= Tanaman Umur 6 Minggu

= Tanaman Umur 8 Minggu

H-3 = Hari ke-3 pengambilan sampel

H-6 = Hari ke-6 pengambilan sampel

H-9 = Hari ke-9 pengambilan sampel

H-12 = Hari ke-3 pengambilan sampel

*1 = Pengulangan 1

*2 = Pengulangan 2

*3 = Pengulangan 3

3.9 Analisis Data

Untuk analisis perubahan ciri fisik (perubahan warna daun dan batang, berat basah tanaman, dan lebar daun) tanaman pasca fitoremediasi dilakukan dari hasil dokumentasi selama proses penelitian maupun pengamatan fisik secara langsung. Kemudian untuk analisis kadar logam berat Zn yang tertinggal pada air setelah proses fitoremediasi dilakukan

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

dengan metode spektrometri menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectofotometer*) sesuai SNI 6989.7:2009 di Balai Riset dan Standarisasi Kota Surabaya (BARISTAN). Selanjutnya dilakukan uji *efisiensi removal* kadar logam berat Zn dengan rumus berikut:

$$\textit{Efisiensi} = \eta = \frac{P\ awal - P\ akhir}{P\ awal}\ x\ 100\%$$

Selanjutnya dilakukan analisis data menggunakan analisis statistik yaitu uji korelasi parsial, untuk mengetahui hubungan antara umur dan jumlah tanaman dengan nilai efisiensi kadar logam berat Zn.

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 dan Penanaman Eceng Gondok

Sebelum dilakukan uji fitoremediasi, terlebih dahulu dilakukan dua tahap pendahuluan yang bertujuan untuk pengkondisian tanaman dan mendapatkan umur tanaman yang diinginkan. Adapun kedua tahap pendahuluan tersebut yaitu tahap aklimatisasi dan tahap penanaman.

4.1.1 Aklimatisasi

Proses aklimatisasi ini dilakukan untuk mengadaptasikan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). yang akan digunakan sebagai agen fitoremediasi terhadap lingkungan uji fitoremediasi. Hal pertama yang dilakukan yaitu dengan membersihkan terlebih dahulu tanaman anakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang diambil dari Sungai Bozem Moro Krembangan Surabaya.

Pembersihan tanaman bertujuan untuk menghilangkan kotoran dan lumpur yang menempel pada tanaman. Setelah dari tahap pembersihan tanaman, kemudian tanaman dipindahkan pada bak plastik kotak yang berisikan air sumur sebanyak 75% dan air sungai tempat asalnya sebanyak 25% untuk dilakukan tahap aklimatisasi selama 7 hari. Adapun rincian selama proses aklimatisasi tersebut, akan disajikan pada **Tabel 4.1** berikut 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. 1 Tahap Aklimatisasi Eceng Gondok

Umur Tanaman	Hari ke-	Deskripsi	Gambar
4 Minggu	1	Kondisi tanaman masih segar dengan ciri fisik diantaranya yaitu, seluruh daun masih berwarna hijau, lebar daun berkisar antara 1,5-2 cm, dan panjang batang berkisar antara 5-7 cm. Adapun berat basah tanaman berkisar 5-8 gram.	
	2	Kondisi tanaman masih relatif sama seperti pada hari pertama, untuk ciri fisik tanaman sendiri juga belum mengalami perubahan yang signifikan. Untuk berat basah tanaman juga masih relatif sama.	
	3	Kondisi tanaman masih tetap tumbuh dengan normal dan baik. Daun dan batang pada tanaman masih berwarna hijau. Dan untuk berat basah tanaman, beberapa tanaman mengalami peningkatan meskipun hanya 1-2 gr.	

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

Umur Tanaman	Hari ke-	Deskripsi	Gambar
	4	Kondisi tanaman masih relatif normal seperti hari-hari belumnya, yaitu baik dan segar.	
	5	Kondisi tanaman masih normal, dalam artian belum terjadi perubahan ciri fisik tanaman seperti perubahan warna daun dan batang. Untuk berat tanaman juga relatif sama seperti hari-hari sebelumnya.	
	6	Kondisi tanaman mashi tumbuh dengan normal, sama seperti hari-hari sebelumnya. Namun mulai terjadi peningkatan pada berat basah tanaman dengan rata-rata berat basah 10gr.	

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

Umur Tanaman	Hari ke-	Deskripsi	Gambar
	7	Mulai terjadi perubahan pada daun yaitu beberapa daun tanaman ujungnya terlihat mengkerut. Namun untuk rata-rata kondisi tanaman masih banyak yang tumbuh dengan baik.	
6 Minggu	1	Kondisi tanaman masih segar dengan ciri fisik diantaranya yaitu, seluruh daun masih berwarna hijau, lebar daun berkisar antara 1-2,5 cm, dan panjang batang berkisar antara 4-7 cm. Dan untuk berat basah tanaman berkisar antara 6-8 gr.	
	2	Kondisi tanaman masih relatif sama seperti pada hari pertama, untuk ciri fisik tanaman sendiri juga belum mengalami perubahan yang signifikan. Untuk berat basah tanaman juga masih relatif sama.	

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

Umur Tanaman	Hari ke-	Deskripsi	Gambar
	3	Kondisi tanaman masih relatif normal seperti hari-hari sebelumnya, yaitu baik dan segar.	
	4	Kondisi tanaman masih tetap tumbuh dengan normal dan baik. Daun dan batang pada tanaman masih berwarna hijau. Dan untuk berat basah tanaman juga masih relatif sama seperti hari-hari sebelumnya.	
	5	Kondisi tanaman masih normal, dalam artian belum terjadi perubahan ciri fisik tanaman, seperti perubahan warna daun dan batang. Untuk berat tanaman juga relatif sama seperti hari sebelumnya.	

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

Umur Tanaman	Hari ke-	Deskripsi	Gambar
	6	Kondisi tanaman masih tumbuh dengan normal, sama seperti hari-hari sebelumnya. Namun mulai terjadi peningkatan pada berat basah tanaman dengan rata-rata berat basah 12gr.	
	7	Kondisi tanaman masih tetap tumbuh dengan normal dan baik. Daun dan batang pada tanaman masih berwarna hijau. Dan untuk berat basah tanaman juga masih relatif sama seperti hari-hari sebelumnya.	
8 Minggu	1	Kondisi tanaman masih segar dengan ciri fisik diantaranya yaitu, seluruh daun masih berwarna hijau, lebar daun berkisar antara 1-2 cm, dan panjang batang berkisar antara 5-6 cm. Dan untuk berat basah tanaman berkisar antara 6-8 gr.	

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

Umur Tanaman	Hari ke-	Deskripsi	Gambar
	2	Kondisi tanaman masih relatif sama seperti pada hari pertama, untuk ciri fisik tanaman sendiri juga belum mengalami perubahan yang signifikan. Untuk berat basah tanaman juga masih relatif sama.	
	3	Kondisi tanaman masih relatif normal seperti hari-hari sebelumnya, yaitu baik dan segar.	
	4	Kondisi tanaman masih tetap tumbuh dengan normal dan baik. Daun dan batang pada tanaman masih berwarna hijau. Dan untuk berat basah tanaman juga masih relatif sama seperti hari-hari sebelumnya.	

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

Umur Tanaman	Hari ke-	Deskripsi	Gambar
	5	Kondisi tanaman masih normal, dalam artian belum terjadi perubahan ciri fisik tanaman, seperti perubahan warna daun dan batang. Untuk berat tanaman juga relatif sama seperti hari sebelumnya.	
	6	Kondisi tanaman masih tetap tumbuh dengan normal dan baik. Daun dan batang pada tanaman masih berwarna hijau. Dan untuk berat basah tanaman juga masih relatif sama seperti hari-hari sebelumnya.	
	7	Kondisi tanaman masih tumbuh dengan normal, sama seperti hari-hari sebelumnya. Namun mulai terjadi peningkatan pada berat basah tanaman dengan rata-rata berat basah 10gr.	

Sumber: Hasil Analisa, 2020

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

4.1.2 Penanaman

Setelah tahap aklimatisasi tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) selama 7 hari selesai, selanjutnya dilanjutkan pada tahap penanaman tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Tahap penanaman ini bertujuan untuk mendapatkan tanaman yang akan digunakan pada uji fitoremediasi, yaitu tanaman dengan kriteria umur tanaman 4, 6, dan 8 minggu Pada proses ini tempat penanaman masih tetap menggunakan bak plastik kotak, namun dengan perubahan air pada media tanam dari yang sebelumnya menggunakan air sumur sebanyak 75% dan 25% air sungai, pada tahap penanaman ini diganti menggunakan air sumur 100%.

Dalam tahap penanaman, media tanam diberi perlakuan penambahan aerator yang bertujuan untuk memberikan suplai oksigen bagi tanaman dan juga nutrisi berupa NPK sebanyak 22 gr agar pertumbuhan tanaman tetap seimbang selama proses penanaman (Hayati, 2010). Selama proses penanaman berlangsung ada beberapa perubahan ciri fisik yang terjadi pada tanaman, seperti daun menguning dan layu, namun dalam jumlah yang dominan masih banyak tanaman yang tumbuh dengan baik dan segar, bahkan juga tumbuh cabang anakan baru. Adapun hasil dari proses penanaman yang akan digunakan untuk uji fitoremediasi ini dipilih tanaman dengan kriteria yang masih baik dan segar berwarna hijau tua. Berikut adalah gambar dari tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) hasil proses penanaman.

Gambar 4. 1 Tanaman Umur 8, 6, dan 4 Minggu

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 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

4.2 Hasil dan Pembahasan

4.2.1 Uji Fitoremediasi Eceng Gondok

Setelah masa penanaman, kemudian dipilih tanaman yang memiliki kondisi baik dan segar untuk digunakan pada tahap uji fitoremediasi. Adapun pembagian tanaman pada reaktor untuk tahap uji fitoremediasi ini yaitu, tanaman umur 8 minggu sebanyak 2 tanaman pada reaktor a, tanaman umur 6 minggu sebanyak 3 tanaman pada reaktor b, dan tanaman umur 4 minggu sebanyak 4 tanaman pada reaktor c. Untuk konsentrasi logam berat Zn yang diberikan pada masing-masing reaktornya yaitu 7,84 ppm. Data pengamatan selama uji fitoremediasi akan disajikan pada tabel 4.2 berikut 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. 2 Uji Fitoremediasi Eceng Gondok

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
0.	Kondisi awal tanaman pada H-0 uji fitoremediasi, semua tanaman normal, tampak berwarna hijau tua dan tampak segar. Berat basah tanaman yaitu 55 gr dan 57 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 5 helai dan 7 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 9-11 cm, dan panjang batang berkisar antara 19-21 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 4,5, dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 34℃.		Kondisi awal tanaman pada H-0 uji fitoremediasi, semua tanaman normal, tampak berwarna hijau tua dan tampak segar. Berat basah tanaman yaitu 40 gr, 41 gr dan 44 gr, dengan jumlah daun sebanyak 5 helai. 6 helai, dan 5 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 7,5-9 cm, dan panjang batang berkisar antara 15-17 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 4,5 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 34℃.		Kondisi awal tanaman pada H-0 uji fitoremediasi, semua tanaman normal, tampak berwarna hijau tua dan tampak segar. Berat basah tanaman yaitu 34 gr, 37 gr, 38 gr dan 30 gr, dengan jumlah daun sebanyak 6 helai, 8 helai, 5 helai, dan 6 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 6,5-8 cm, dan panjang batang berkisar antara 10-15 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 4,5 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 34℃.	

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

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
1.	Kondisi tanaman padi H-1 masih normal, daun-daun masih berwarna hijau tua dan tampak segar. Berat basah tanaman yaitu 56 gr dan 59 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 5 helai dan 7 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 9-11 cm, dan panjang batang berkisar antara 19-21 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 4,5 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 30℃.		Kondisi tanaman padi H-1 masih normal, daun-daun masih berwarna hijau tua dan tampak segar. Berat basah tanaman yaitu 40 gr, 42 gr, dan 46 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 5 helai, 6 helai, dan 5 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 7,5-9 cm, dan panjang batang berkisar antara 15-17 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 4,7 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 30℃.		Kondisi tanaman padi H-1 masih normal, daun-daun masih berwarna hijau tua dan tampak segar. Berat basah tanaman yaitu 25 gr, 36 gr, 35 gr, dan 32 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 6 helai, 8 helai, 5 helai, dan 6 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 6,5-8 cm, dan panjang batang berkisar antara 10-13 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 4,5 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 30℃.	

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

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
2.	Kondisi tanaman pada H-2 juga masih tampak normal, dan bahkan tumbuh daun baru pada salah satu tanaman, hal ini menandakan bahwa tanaman masih dapat tumbuh meskipun dengan kondisi lingkungan yang terkontaminasi logam berat. Adapun berat basah tanaman yaitu 52 gr dan 56 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 5 helai dan 10 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 3,5-11 cm, dan panjang batang berkisar antara 2-21 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka		Kondisi tanaman pada H-2 juga masih tampak normal, dan bahkan tumbuh daun baru pada beberapa tanaman dan juga bunga pada salah satu tanaman, hal ini menandakan bahwa tanaman masih dapat tumbuh meskipun dengan kondisi lingkungan yang terkontaminasi logam berat. Adapun berat basah tanaman yaitu 40 gr, 37 gr, dan 42 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 6 helai, 7 helai, dan 5 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 7,5-9 cm, dan panjang batang berkisar antara		Kondisi tanaman pada H-2 juga masih tampak normal segar, masih belum terjadi perubahan ciri fisik pada tanaman Adapun berat basah tanaman yaitu 25 gr, 36 gr, 35 dan 32 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 6 helai, 5 helai, 8 helai, dan 6 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 6,5-8 cm, dan panjang batang berkisar antara 10-13 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 4,9 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 33℃.	

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

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
	4,9 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 33℃.		15-17 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 4,8 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 33℃.			
3.	Pada H-3 mulai terjadi perubahan ciri fisik pada tanaman. Dimana perubahan yang terjadi yaitu 2 helai daun pada bagian ujungnya mulai menguning dan 1 helai daun layu. Namun secara garis besar tanaman masih cukup normal dan segar. Adapun berat basah tanaman yaitu 52 gr dan 56 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 4 helai dan 10 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 3,5-11		Pada H-3 mulai terjadi perubahan ciri fisik pada tanaman. Dimana perubahan yang terjadi yaitu, 1 helai daun layu.dan bunga yang mekar pada H-2 juga layu. Namun secara garis besar tanaman masih cukup normal dan segar. Adapun berat basah tanaman yaitu 52 gr dan 56 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 5 helai, 7 helai, dan 5 helai daun, dengan diameter daun		Pada H-3 mulai terjadi perubahan ciri fisik pada tanaman berupa daun yang menguning dan layu. Dimana perubahan yang terjadi yaitu 5 helai daun mulai menguning dan 1 helai daun layu. Namun secara garis besar tanaman masih cukup normal dan segar. Adapun berat basah tanaman yaitu 25 gr, 28 gr, 31 gr dan 22 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 5 helai, 6 helai, 5 helai dan 5 helai daun, dengan	

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

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
	cm, dan panjang batang berkisar antara 2-21 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 31℃.		berkisar antara 7,5-9 cm, dan panjang batang berkisar antara 15-17 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 31℃.		diameter daun berkisar antara 6,5-8 cm, dan panjang batang berkisar antara 10-13 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,1 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 31℃.	
4.	Pada H-4 kondisi tanaman hampir sama seperti kondisi pada H-3, namun untuk daun yang menguning dan layu jumlahnya mulai bertambah menjadi 2 helai daun menguning dan 3 helai daun layu. Adapun berat basah tanaman yaitu 50 gr dan 59 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 4 helai dan 8 helai daun, dengan diameter daun		Pada H-4 kondisi tanaman hampir sama seperti kondisi pada H-3, namun jumlah daun yang layu bertambah 1 daun dari H-3 dan juga da 1 helai daun yang menguning. Adapun berat basah tanaman yaitu 38 gr, 45 gr dan 49 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 5 helai, 6 helai, dan 4 helai daun, dengan diameter daun		Pada H-4 kondisi tanaman hampir sama seperti kondisi pada H-3, namun untuk daun yang menguning dan layu jumlahnya mulai bertambah menjadi 9 helai daun menguning dan 1 helai daun layu. Adapun berat basah tanaman yaitu 22 gr, 38 gr, 27 gr dan 25 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 5 helai, 3 helai, 3 helai, dan 5 helai daun, dengan	

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

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
	berkisar antara 3,5-11 cm, dan panjang batang berkisar antara 2-21 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 35℃.		berkisar antara 7,5-9 cm, dan panjang batang berkisar antara 15-17 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,6 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 35℃.		diameter daun berkisar antara 6,5-8 cm, dan panjang batang berkisar antara 10-13 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,4 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 35℃.	
5.	Pada H-5 kondisi tanaman hampir sama seperti kondisi pada H-4 dimana ada daun menguning dan ada pula daun yang layu, tetapi juga terdapat 2 helai daun baru yang tumbuh pada kedua tanaman. Adapun berat basah tanaman yaitu 51 gr dan 46 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 10 helai dan 5 helai daun, dengan diameter daun		Pada H-5 kondisi tanaman hampir sama seperti kondisi pada H-4 dimana ada daun menguning dan ada pula daun yang layu, namun jumlah daun yang menguning dan layu tersebut semakin bertambah dari H-4. Adapun berat basah tanaman yaitu 45 gr, 40 gr, dan 33 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 5 helai, 4 helai, dan 3		Pada H-5 perubahan ciri fisik tanaman semakin kondisi tanaman berupa daun yang kuning dan layu semakin mendominasi. Dimana ada 9 helai daun menguning dan ada 2 helai daun yang layu. Adapun berat basah tanaman yaitu 27 gr, 18 gr, 30 gr, dan 23 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 4 helai daun pada keempat tanaman, dengan	

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

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
	berkisar antara 3,5-11 cm, dan panjang batang berkisar antara 4- 23 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,3 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 32℃.		helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 8-10 cm, dan panjang batang berkisar antara 16-18 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,1 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 32℃.		diameter daun berkisar antara 7-8,5 cm, dan panjang batang berkisar antara 10-15 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,1 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 32℃.	
6.	Pada H-6 mulai terjadi banyak perubahan ciri fisik tanaman, dimana ada 3 helai daun menguning, dan juga muncul anakan baru dengan jumlah daun 5 helai berwarna hijau tua yang masih segar. Adapun berat basah tanaman yaitu 43 gr dan 49 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 3 helai dan 8		Pada H-6 mulai terjadi banyak perubahan ciri fisik tanaman mulai banyak terjadi, dimana ada 5 helai daun menguning, dan 3 helai daun layu. Adapun berat basah tanaman yaitu 35 gr, 43 gr dan 39 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 2 helai, 4 helai, dan 4 helai daun, dengan		Pada H-6 perubahan ciri fisik tanaman semakin dominan, dimana ada 13 helai daun menguning dan 2 helai layu. Namun juga tumbuh kuncup bunga pada salah satu tanaman. Adapun berat basah tanaman yaitu 28 gr, 26 gr, 23 gr dan 30 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 3 helai daun pada keempat	

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

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
	helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 3,5-11,5 cm, dan panjang batang berkisar antara 4-23 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,3 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 30℃.		diameter daun berkisar antara 8-10 cm, dan panjang batang berkisar antara 16-18 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,2 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 30℃..		tanaman, dengan diameter daun berkisar antara 7-8,5 cm, dan panjang batang berkisar antara 11-16 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,2 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 30℃.	
7.	Pada H-7 kondisi tanaman hampir sama seperti kondisi pada H-6 dimana jumlah daun menguning dan daun yang layu masih sama. Adapun berat basah tanaman yaitu 50 gr dan 44 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 7 helai dan 3 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 3,5-		Pada H-7 kondisi tanaman hampir sama seperti kondisi pada H-6 dimana jumlah daun menguning dan daun yang layu masih sama. Adapun berat basah tanaman yaitu 38 gr, 33 gr dan 35 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 4 helai, 2 helai, dan 4 helai daun, dengan diameter daun		Pada H-7 kondisi tanaman masih relatif sama seperti kondisi pada H-6, namun jumlah daun menguning berkurang dan daun yang layu meningkat. Adapun berat basah tanaman yaitu 29 gr, 23 gr, 28 gr dan 27 gr, dengan jumlah daun segar sebanyak 3 helai, 2 helai, 3 helai dan 3 helai daun, dengan	

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

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
	11,5 cm, dan panjang batang berkisar antara 4-23 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,7 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 35℃.		berkisar antara 8-10 cm, dan panjang batang berkisar antara 16-18 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,6 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 35℃.		diameter daun berkisar antara 7-8,5 cm, dan panjang batang berkisar antara 11-16 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,6 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 35℃.	
8.	Pada H-8 mulai nampak perubahan ciri fisik yang cukup signifikan dimana jumlah daun yang menguning dan layu semakin banyak yaitu 5 helai daun menguning dan 6 helai daun layu. Adapun berat basah tanaman yaitu 56 gr dan 43 gr, dengan jumlah daun yang masih segar sebanyak 6 helai dan 3 helai daun, dengan		Pada H-8 mulai nampak perubahan ciri fisik yang cukup signifikan dimana jumlah daun yang menguning dan layu semakin banyak yaitu 5 helai daun menguning dan 8 helai daun layu. Adapun berat basah tanaman yaitu 43 gr, 43 gr, dan 32 gr, dengan jumlah daun yang masih segar sebanyak 2 helai, 2 helai, dan 3 helai		Pada H-8 mulai nampak perubahan ciri fisik yang semakin dominan, dimana jumlah daun yang menguning dan layu semakin banyak, namun juga tumbuh 2 helai daun baru kecil. Adapun berat basah tanaman yaitu 22gr, 29 gr, 22 gr, dan 28 gr, dengan jumlah daun yang masih segar sebanyak 4 helai, 2 helai, 3 helai dan 2 helai daun, dengan	

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

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
	diameter daun berkisar antara 3,5-11,5 cm, dan panjang batang berkisar antara 4-23 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,8 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 36℃.		daun, dengan diameter daun berkisar antara 8-10 cm, dan panjang batang berkisar antara 16-18 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,7 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 36℃.		diameter daun berkisar antara 2-8,5 cm, dan panjang batang berkisar antara 3-16 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,8 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 36℃.	
9.	Pada H-9 perubahan ciri fisik berupa daun menguning dan layu mulai mendominasi, yaitu dengan jumlah 4 helai daun menguning dan 7 helai daun layu. Adapun berat basah tanaman yaitu 58 gr dan 42 gr, dengan jumlah daun yang masih segar sebanyak 6 helai dan 3 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 4-		Pada H-9 perubahan ciri fisik berupa daun menguning dan layu relatif sama seperti pada H-8, yaitu dengan jumlah 4 helai daun menguning dan 7 helai daun layu. Adapun berat basah tanaman yaitu 43 gr, 33 gr, dan 36 gr, dengan jumlah daun yang masih segar sebanyak 2 helai, 3 helai, dan 3 helai		Pada H-9 perubahan ciri fisik berupa daun menguning dan layu semakin mendominasi. Adapun berat basah tanaman yaitu 25 gr, 31 gr, 25 gr, dan 20 gr, dengan jumlah daun yang masih segar sebanyak 2 helai, 2 helai, 3 helai, dan 2 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 2-8,5 cm, dan panjang batang berkisar	

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

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
	12cm, dan panjang batang berkisar antara 4-23 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,9 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 31℃.		daun, dengan diameter daun berkisar antara 8-10 cm, dan panjang batang berkisar antara 17-19 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,8 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 31℃.		antara 3-16 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,9 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 31℃.	
10.	Pada H-10 perubahan ciri fisik berupa daun menguning dan layu masih relatif sama seperti pada H-9. Adapun berat basah tanaman yaitu 55 gr dan 47 gr, dengan jumlah daun yang masih segar sebanyak 5 helai dan 2 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 4-12 cm, dan panjang batang berkisar antara		Pada H-10 perubahan ciri fisik berupa daun menguning dan layu masih sama seperti pada H-9. Adapun berat basah tanaman yaitu 27 gr, 35 gr dan 41 gr, dengan jumlah daun yang masih segar sebanyak 2 helai, 3 helai dan 2 helai daun, dengan diameter daun berkisar antara 8-10 cm, dan panjang batang berkisar antara		Pada H-10 perubahan ciri fisik berupa daun menguning dan layu masih sama seperti pada H-11, namun pada H-10 ini salah satu tanaman mulai tumbuh kuncup bunga. Adapun berat basah tanaman yaitu 19 gr, 29 gr, 28 gr, dan 19 gr, dengan jumlah daun yang masih segar sebanyak 2 helai, 2 helai, 3 helai, dan 2 helai daun,	

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

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
	4-23 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,9 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 33℃.		17-19 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,9 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 33℃.		dengan diameter daun berkisar antara 2-9 cm, dan panjang batang berkisar antara 3-16 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,9 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 33℃.	
11.	Pada H-11 perubahan ciri fisik berupa daun menguning dan layu juga masih sama seperti pada H-10, namun pada H-11 ini tumbuh kuncup bunga pada salah satu tanaman. Adapun berat basah tanaman yaitu 63 gr dan 49 gr, dengan jumlah daun yang masih segar sebanyak 5 helai dan 2 helai daun, dengan		Pada H-11 perubahan ciri fisik berupa daun menguning dan layu semakin bertambah banyak, namun pada H-11 ini juga tumbuh daun baru kecil pada beberapa tanaman. Adapun berat basah tanaman yaitu 35 gr, 32 gr, dan 37 gr, dengan jumlah daun yang masih segar sebanyak 3 helai, 2 helai, dan 4 helai		Pada H-11 perubahan ciri fisik berupa daun menguning dan layu semakin banyak dari H-10, namun pada H-11 ini kuncup bunga pada H-10 sudah mekar mendi bunga. Adapun berat basah tanaman yaitu 29 gr, 27 gr, 22 gr dan 27 gr, dengan jumlah daun yang masih segar sebanyak 2 helai, 2 helai, 3 helai dan 2 helai daun,	

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

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
	diameter daun berkisar antara 4-12 cm, dan panjang batang berkisar antara 6-23 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 5,9 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 30℃.		daun, dengan diameter daun berkisar antara 2-10 cm, dan panjang batang berkisar antara 3-19 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 6,1 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 30℃.		dengan diameter daun berkisar antara 2-9 cm, dengan panjang batang berkisar antara 3-16 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 6,1 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 30℃.	
12.	Pada H-12 perubahan ciri fisik yang terjadi juga relatif masih sama seperti pada H-10 dan H-11, namun pada H-12 kuncup bunga pada saat H-11 sudah mekar menjadi bunga. Adapun berat basah akhir dari tanaman yaitu 53 gr dan 43 gr, dengan jumlah akhir daun yang masih segar sebanyak masing-		Pada H-12 perubahan ciri fisik yang terjadi daun yang layu dan menguning semakin banyak dari H-11. Adapun berat basah akhir dari tanaman yaitu 36 gr, 34 gr, dan 39 gr, dengan jumlah akhir daun yang masih segar sebanyak masing-masing 6 helai daun pada ketiga tanaman, dengan diameter daun		Pada H-12 perubahan ciri fisik yang terjadi juga relatif masih sama seperti pada H-10 dan H-11, namun pada H-12 bunga pada saat H-11 menjadi layu. Adapun berat basah akhir dari tanaman yaitu 36 gr, 34 gr, 29 gr dan 29 gr, dengan jumlah akhir daun yang masih segar sebanyak 2 helai, 2 helai, 3 helai, dan 2 helai daun pada	

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

Hari Ke-	Reaktor A		Reaktor B		Reaktor C	
	Deskripsi	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**	**Deskripsi**	**Gambar**
	masing 6 helai daun pada kedua tanaman, dengan diameter daun berkisar antara 4-12 cm, dan panjang batang berkisar antara 6-23 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 6 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 34℃.		berkisar antara 2-10 cm, dan panjang batang berkisar antara 3-19 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 6 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 34℃.		keempat tanaman, dengan diameter daun berkisar antara 2-9 cm, dan panjang batang berkisar antara 3-16 cm. Untuk pH air pada reaktor menunjukkan angka 6 dan untuk suhu ruang menunjukkan angka 34℃.	

Sumber: Hasil Analisa, 2020

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

Pada uji fitoremediasi ini menggunakan sistem batch, dengan pola kerja dimana tanaman dibuat tergenang pada reaktor kaca yang berisi air limbah artifisial dengan kandungan logam berat Zn dan didiamkan selama masa uji fitoremediasi yaitu 12 hari. Adapun pengamatan yang dilakukan pada uji fitoremediasi ini yaitu berupa pengamatan harian selama 12 hari masa uji dan pengamatan hari ke- 3, 6, 9, dan 12. Pengamatan harian selama 12 hari tersebut meliputi pengamatan, perubahan ciri fisik tanaman, pengukuran pH, pengukuran berat basah, pengukuran suhu ruang *greenhouse*, panjang batang, jumlah dan diameter daun. Sedangkan untuk pengamatan hari ke- 3, 6, 9, dan 12 yaitu, mengamati nilai penurunan kadar logam berat Zn pada air limbah artifisial.

4.2.2 Pengamatan Ciri Fisik Tanaman Pasca Fitoremediasi

Dari hasil pengamatan yang didapat seperti pada **Tabel 4.2**, menjelaskan bahwa selama masa uji fitoremediasi banyak terjadi perubahan ciri fisik tanaman pada eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Dimana perubahan ciri fisik yang terjadi diantaranya yaitu, tumbuh cabang anakan tanaman baru, tumbuh daun baru, tumbuh bunga, daun menguning, daun layu, serta peningkatan dan penurunan berat basah tanaman.

Peristiwa tumbuhnya daun baru, bunga, dan cabang anakan baru, menandakan bahwa meskipun berada pada lingkungan yang terkontaminasi logam berat, tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) masih mampu beradaptasi dan tumbuh dengan baik. Hal ini dimungkinkan karena adanya mikroorganisme *rhizosfera* yang terdapat pada akar eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Menurut (Djo dkk., 2017) mikroorganisme *rhizosfera* memiliki kemampuan mengurai senyawa organik, anorganik, dan bahkan logam berat yang dijadikan sebagai sumber makanan dan digunakan sebagai kofaktor dari enzim *plastosianin* yang berguna dalam fotosintesis yang merangsang pembelahan sel pada eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

Peristiwa perubahan warna daun yang menjadi kuning hingga layu tersebut, menandakan bahwa tanaman mengalami gejala *klorosis* yang dikarenakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mengalami

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

peningkatan *toksisitas* logam berat Zn dari air limbah artifisial. Menurut Darmono, (1995) dalam (Hasyim, 2016) *klorosis* adalah tidak terbentuk atau kurang berkembangnya klorofil sehingga menyebabkan daun menjadi menguning. Sedangkan untuk daun yang mengalami perubahan ciri fisik menjadi layu, mengindikasikan bahwa tanaman mengalami gejala *nekrosis*. Menurut Darmono, (1995) dalam (Hasyim, 2016) *nekrosis* adalah sebuah kematian sel atau jaringan pada organ hidup, sehingga menimbulkan bercak dan warna kecoklatan pada daun.

Untuk peningkatan berat basah tanaman selama masa uji fitoremediasi mengindikasikan bahwa akar-akar pada tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mampu menyerap zat kontaminan dengan baik dan menyimpannya kedalam jaringan *vaskular* untuk proses metabolisme dan digunakan untuk memperbanyak sel (Indah dkk., 2014). Sedangkan untuk penurunan berat basah yang terjadi, diduga karena terjadinya perubahan ciri fisik berupa daun yang layu sehingga menyebabkan massa tanaman mengalami penurunan.

4.2.3 Pengaruh pH dan Suhu Pada Uji Fitoremediasi

Pada uji fitoremediasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti pH dan suhu. Adapun pH air selama masa uji fitoremediasi ini tercatat pada angka berkisar antara 4.5–6 yang masih tergolong pH optimum bagi tanaman eceng gondok karena menurut (Sundariani, 2017) pH optimum untuk pertumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berkisar pada angka 3.5-10. Dari hasil tersebut menunjukkan relatif terjadi peningkatan kearah netral dari nilai sebelumnya yang relatif asam. Hal tersebut dikarenakan, semakin lama waktu pemaparan yang terjadi, nilai pH semakin menunjukkan perubahan kearah netral (Raissa, 2017). Pada uji fitoremediasi nilai pH secara tidak langsung dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman, karena pada nilai pH yang < 4 sebagian jenis tumbuhan air (agen fitoremediasi) akan mengalami kematian karena tidak dapat bertoleransi dengan pH yang terlalu rendah (Suryadi 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

Untuk suhu ruang pada *greenhouse* yang tercatat selama masa uji fitoremediasi ini tercatat pada angka antara 30-35℃ dengan waktu pengukuran pada siang hari, namun optimalnya suhu untuk pertumbuhan eceng gondok menurut (Sundariani, 2017) yaitu pada suhu 25-30℃. Perubahan suhu secara *fluktuatif* yang terjadi selama masa uji fitoremediasi ini, dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan intensitas penyinaran matahari yang tidak tetap. Yang dimana secara tidak langsung peningkatan suhu lingkungan memiliki pengaruh terhadap tingkat penyerapan, dikarenakan suhu berkaitan dengan metabolisme dan *fotosintesis* pada tumbuhan (Rahayuningtyas dkk., 2018).

Dengan nilai pH.dan suhu yang didapatkan pada penelitian ini, menunjukkan tanaman eceng gondok masih dapat tumbuh dan bertahan hidup sampai akhir masa uji fitoremediasi. Hal tersebut membuktikan bahwa dengan pH.dan suhu tersebut masih dapat ditolerir oleh tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

4.2.4 Nilai Konsentrasi Zn Pasca Fitoremediasi

Kemampuan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam mereduksi logam berat Zn telah diteliti oleh (Hasyim, 2016) yang menyatakan bahwa, eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berpotensi dalam fitoremediasi logam berat seng (Zn), karena nilai konsentrasi pada H-3 uji yang dilakukan berbeda nyata dari nilai konsentrasi awal H-0. Nilai konsentrasi dapat diketahui dari air limbah artifisial pada sisa proses fitoremediasi, yang kemudian dianalisa menggunakan metode spektrometri menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectofotometer*) sesuai SNI 6989.7:2009.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, nilai konsentrasi dari proses fitoremediasi tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap logam berat Zn dengan variasi perlakuan umur dan jumlah tanaman, dengan lama waktu uji yaitu, 3 hari, 6 hari, 9 hari, dan 12 hari akan ditampilkan pada **Tabel 4.3**, **Tabel 4.4**, **Tabel 4.5**, dan **Gambar 4.1** berikut 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 Nilai Konsentrasi Hasil Uji Reaktor A

Hari Ke-	Nilai Konsentrasi (ppm) dalam Pengulangan			Rata-rata (ppm)
	1	2	3	
H-0	7.84			7.84
H-3	6.56	6.56	6.78	6.63
H-6	6.63	6.71	6.49	6.61
H-9	6.45	6.46	6.39	6.43
H-12	5.85	5.99	5,90	5.92

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Berdasarkan hasil uji pada tabel 4.3 diatas pada reaktor uji a, H-0 dengan konsentrasi logam berat Zn awal sebesar 7,84 ppm. Pada H-3 uji, nilai konsentrasi tersebut mengalami penurunan sebesar 1,21 ppm sehingga perubahan nilai konsentrasinya menjadi 6,63 ppm. Kemudian pada H-6 uji, dari nilai konsentrasi 6,63 ppm mengalami penurunan sebesar 0,02 ppm sehingga perubahan nilai konsentrasinya menjadi 6,61 ppm. Lalu pada H-9 uji, dari nilai konsentrasi 6,61 ppm mengalami penurunan sebesar 0,18 ppm sehingga nilai konsentrasinya menjadi 6,43 ppm. Dan padi hari terakhir uji yaitu H-12, dari nilai konsentrasi sebelumnya 6,43 ppm, mengalami penurunan sebesar 0,51 ppm sehingga nilai konsentrasi akhir dari uji fitoremediasi pada reaktor a ini adalah sebesar 5,92 ppm.

Tabel 4. 4 Nilai Konsentrasi Hasil Uji Reaktor B

Hari Ke-	Nilai Konsentrasi (ppm) dalam Pengulangan			Rata-rata (ppm)
	1	2	3	
H-0	7.84			7.84
H-3	6.67	6.78	8.11	7.19
H-6	6.95	7.06	6.66	6.89
H-9	6.87	6.64	6.77	6.76
H-12	6.29	6.30	6.30	6.30

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Selanjutnya untuk hasil uji dari reaktor b pada tabel 4.4 diatas, pada H-0 memiliki nilai konsentrasi awal sebesar 7,84 ppm. Pada H-3 uji, nilai konsentrasi tersebut mengalami penurunan sebesar 0,65 ppm sehingga perubahan nilai konsentrasinya menjadi 7,19 ppm. Kemudian

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

pada H-6 uji, dari nilai konsentrasi 7,19 ppm mengalami penurunan sebesar 0,30 ppm sehingga perubahan nilai konsentrasinya menjadi 6,89 ppm. Lalu pada H-9 uji, dari nilai konsentrasi 6,89 ppm mengalami penurunan sebesar 0,13 ppm sehingga nilai konsentrasinya menjadi 6,76 ppm. Dan padi hari terakhir uji yaitu H-12, dari nilai konsentrasi sebelumnya 6,76 ppm, mengalami penurunan sebesar 0,46 ppm sehingga nilai konsentrasi akhir dari uji fitoremediasi pada reaktor a ini adalah sebesar 6,30 ppm.

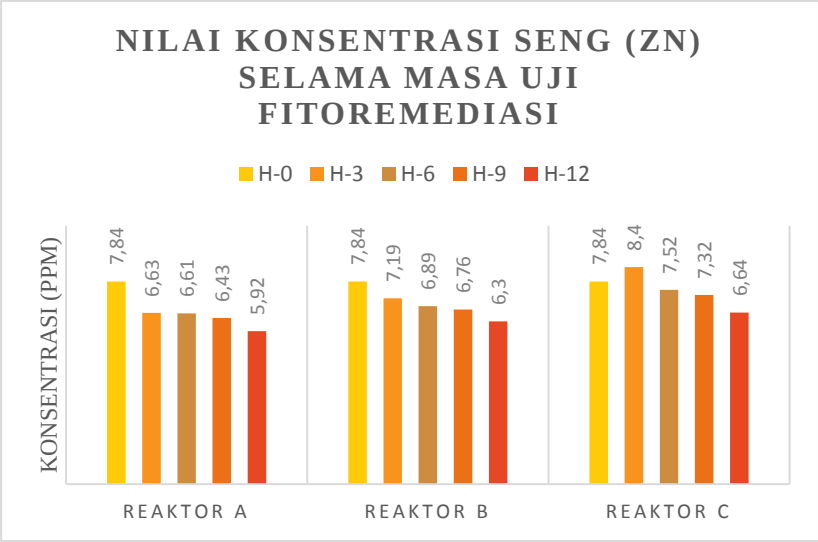
Tabel 4. 5 Nilai Konsentrasi Hasil Uji Reaktor C

Hari Ke-	Nilai Konsentrasi (ppm) dalam Pengulangan			Rata-rata (ppm)
	1	2	3	
H-0	7.84			7.84
H-3	8.13	8.54	8.52	8.40
H-6	7.31	7.53	7.71	7.52
H-9	7.50	7.20	7.25	7.32
H-12	6.77	6.49	6.67	6.64

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Dan untuk hasil uji dari reaktor c pada tabel 4.5 diatas, pada H-0 memiliki nilai konsentrasi awal sebesar 7,84 ppm. Pada H-3 uji, nilai konsentrasi tersebut mengalami peningkatan sebesar 0,56 ppm sehingga perubahan nilai konsentrasinya menjadi 8,40 ppm. Kemudian pada H-6 uji, dari nilai konsentrasi 8,40 ppm mengalami penurunan sebesar 0,88 ppm sehingga perubahan nilai konsentrasinya menjadi 7,52 ppm. Lalu pada H-9 uji, dari nilai konsentrasi 7,52 ppm mengalami penurunan sebesar 0,20 ppm sehingga nilai konsentrasinya menjadi 7,32 ppm. Dan padi hari terakhir uji yaitu H-12, dari nilai konsentrasi sebelumnya 7,32 ppm, mengalami penurunan sebesar 0,68 ppm sehingga nilai konsentrasi akhir dari uji fitoremediasi pada reaktor a ini adalah sebesar 6,64 ppm.

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 Nilai Konsentrasi Selama Masa Uji Fitoremediasi

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Dari grafik pada **Gambar 4.2** diatas menunjukan bahwa selama masa uji terjadi penurunan dan peningkatan nilai konsentrasi logam berat Zn pada air limbah artifisial. Dalam hal ini penurunan yang terjadi menandakan bahwa tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) telah melakukan penyerapan kontaminan yang terdapat pada air limbah artifisial. Kemampuan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam melakukan penyerapan logam berat dikarenakan adanya mikroba *rhizosfera* pada akarnya yang dapat mengakumulasi logam berat. Dalam mengakumulasi logam berat, mikroorganisme *rhizosfera* membentuk simbiosis antara bakteri dengan jamur sehingga dapat melakukan penguraian terhadap bahan organik ataupun anorganik dalam air serta menggunakannya sebagai sumber nutrisi. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Hasyim, 2016) mengenai potensi tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam mereduksi logam berat Zn, yang secara statistika data menyatakan bahwa, tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) telah berpengaruh nyata dalam menurunkan konsentrasi Zn dalam air limbah, karena berdasarkan hasil uji yang dilakukan nilai konsentrasi Zn pada baskom kontrol berbeda nyata dengan nilai konsentrasi pada baskom yang berisi 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

Sedangkan untuk peningkatan konsentrasi yang terjadi dalam reaktor c pada H-3 uji, mengindikasikan bahwa tanaman mengalami kejenuhan dalam melakukan penyerapan kontaminan. Hal tersebut seperti yang disebutkan oleh (Arasy dkk., 2016) dimana tanaman dapat melepaskan kembali logam berat yang telah diserap, karena tanaman mengalami titik jenuh dalam menyerap zat kontaminan. Namun pada H-6 hingga H-12 uji tanaman pada reaktor c dapat kembali melakukan penyerapan kontaminan.

Terjadinya peristiwa dari tanaman mengalami kejenuhan (sehingga melepas kembali logam berat ke perairan) menjadi dapat melakukan penyerapan logam berat kembali, dapat dimungkinkan terjadi karena tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) memiliki kemampuan melakukan mekanisme *detoksifikasi* logam berat melalui sintesis *fitokelatin*. Mekanisme *detoksifikasi* melalui sintesis *fitokelatin* ini memungkinkan tanaman untuk melakukan penyerapan logam dalam jumlah yang banyak untuk kemudian mentransportasikannya kepada organ tertentu seperti akar, sehingga tanaman masih bisa bertahan hidup serta kemampuan dalam melakukan penyerapan kembali meningkat (Patandungan dkk., 2016).

Fitokelatin merupakan senyawa protein yang dapat mengkelat suatu logam berat pada tanaman, yang dimana semakin tinggi *fitokelatin* pada tanaman, maka semakin kuat tanaman tersebut dalam menyerap logam berat (Sudding., 2010). Seperti yang disebutkan oleh (Hasyim, 2016), eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) sendiri termasuk tanaman yang memiliki toleransi tinggi terhadap logam berat, dikarenakan tanaman ini memiliki kemampuan membentuk *fitokelatin* dalam jumlah besar.

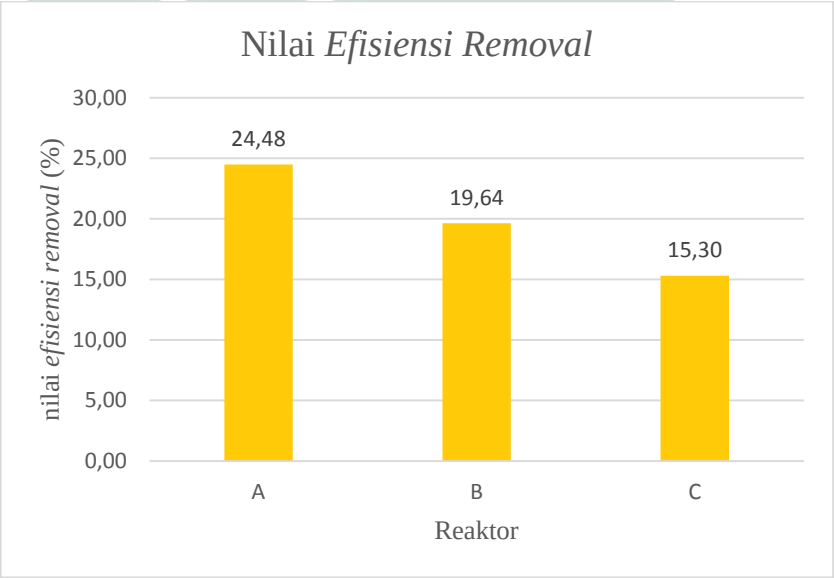
Berdasarkan hasil data yang didapat pada penelitian ini, menunjukan penurunan nilai konsentrasi dari variasi yang diberikan masih belum maksimal jika dibandingkan dengan penelitian serupa milik (Hasyim, 2016) dengan judul "Potensi Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Dalam Mereduksi Logam Berat Seng (Zn)Dari Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo". Hal tersebut dikarenakan

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

adanya perbedaan variasi penelitian yang diberikan, dimana pada penelitian ini menggunakan variasi umur (4, 6, dan 8 minggu) dan jumlah (2, 3, dan 4) tanaman, sedangkan pada penelitian terdahulu milik (Hasyim, 2016) menggunakan variasi lama waktu kontak yaitu hari ke- 3. 6; dan 9 dengan jumlah tanaman yang digunakan sesuai dengan kapasitas maksimal baskom uji.

4.2.5 Nilai *Efisiensi Removal* Eceng Gondok

Berikut ini adalah nilai *efisiensi removal* dari hasil fitoremediasi logam berat Zn oleh tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), yang disajikan pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 3 Nilai *Efisiensi Removal*

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Dari hasil pada gambar 4.3 diatas, menunujukkan bahwa nilai *efisiensi removal* yang paling tinggi dimiliki oleh perlakuan pada reaktor a dengan nilai 24,48%, berikutnya oleh perlakuan pada reaktor b dengan nilai *efisiensi removal* 19,64%, dan yang terakhir untuk nilai paling rendah dimiliki oleh reaktor c dengan nilai *efisiensi removal* yaitu 15,30%.

Nilai *efisiensi removal* tertinggi yang dimiliki oleh reaktor a menunjukkan bahwa pemberian variasi perlakuan umur tanaman 8 minggu memiliki penurunan nilai konsentrasi yang lebih tinggi daripada perlakuan oleh reaktor b dengan umur tanaman 6 minggu, dan reaktor c dengan umur

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 4 minggu. Hal ini dimungkinkan karena tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) umur 8 minggu memiliki ciri fisik yang lebih besar dari umur 6 dan 4 mingggu, dengan ciri fisik yang besar tersebut memungkinkan tanaman dapat melakukan penyerapan yang lebih optimal. Hal tersebut sejalan dengan yang dikatakan oleh (Vigiyanti dkk., 2017) dalam penelitiannya yang menggunakan *Azolla microphylla* berumur 6, 8, dan 10 minggu dengan limbah artifisial Pb konsentrasi 25 mg/L, menyatakan bahwa perbedaan kemampuan dari ketiga variasi umur tanaman tersebut dipengaruhi karena adanya perbedaan morfologi tanaman dari segi ukuran baik tinggi maupun lebar akar, batang, cabang, dan daun.

Sedangkan untuk pemberian variasi perlakuan jumlah tanaman pada penelitian, pemberian jumlah 2 memiliki penurunan nilai konsentrasi yang lebih tinggi daripada perlakuan pemberian jumlah 3, dan 4 tanaman, karena pemberian jumlah 2 tanaman memiliki penurunan nilai konsentrasi yang lebih besar dari penurunan nilai konsentrasi pada pemberian variasi jumlah 3 dan 4 tanaman. Hal tersebut sama halnya dengan yang terjadi pada penelitian milik (Jamil dkk., 2016) yang menggunakan tanaman kayu apu, menyatakan bahwa perlakuan dengan jumlah 6 rumpun tanaman dapat menurunkan kadar Cd lebih efektif, daripada perlakuan dengan 8 rumpun tanaman karena menunjukkan selisih nilai penurunan yang cukup besar.

4.2.6 Analisa Hubungan Umur dan Jumlah Tanaman Dengan Nilai Konsentrasi

Setelah didapatkan data hasil dari penelitian ini, selanjutnya data tersebut ditranslasikan kedalam bentuk uji statistik korelasi parsial menggunakan program SPSS, yang dimulai dengan uji pendahuluan yaitu uji normalitas Saphiro-Wilk. Hasil uji statistik tersebut akan disajikan sebagai berikut:

A. Uji Normalitas Saphiro-Wilk

Uji normalitas ini bertujuan sebagai uji pendahuluan untuk mengetahui apakah data yang digunakan pada penelitian ini berdistribusi normal apakah tidak. Adapun pedoman pengambilan

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

keputusan pada uji normalitas menurut (Santoso, 2018) yaitu:

1. Jika nilai α (signifikansi) atau nilai probabilitas < 0.05, maka distribusi data adalah tidak normal.
2. Jika nilai α (signifikansi) atau nilai probabilitas > 0.05, maka distribusi data adalah normal.

Adapun hasil uji normalitas Saphiro-Wilk pada data penelitian ini akan disajikan tabel berikut ini:

Tabel 4. 6 Uji Normalitas Saphiro-Wilk

	X1 (Jumlah Tanaman)	**Statistic**	**df**	**Sig.**	**Keterangan**
Y (Nilai Konsentrasi)	2	.880	5	.310	Berdistribusi Normal
	3	.977	5	.916	Berdistribusi Normal
	4	.995	5	.991	Berdistribusi Normal
	X2 (Umur Tanaman)	**Statistic**	**df**	**Sig.**	**Keterangan**
Y (Nilai Konsentrasi)	4	.994	5	.991	Berdistribusi Normal
	6	.977	5	.916	Berdistribusi Normal
	8	.880	5	.310	Berdistribusi Normal

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Dari hasil *output* uji normalitas Saphiro-Wilk diatas menunjukkan nilai α (signifikansi) atau nilai probabilitas semua variabel penelitian adalah > 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa semua variabel telah berdistribusi normal dan dapat dilanjutkan pada uji korelasi parsial.

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

B. Uji Korelasi Parsial

Uji korelasi parsial ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan hubungan antar variabel dalam sebuah penelitian, dimana korelasi atau hubungan yang dihasilkan dapat bernilai positif (+), yang berarti jika variabel X mengalami peningkatan maka variabel Y juga mengalami peningkatan dan juga dapat bernilai negatif (-), yang artinya jika variabel X mengalami penurunan maka variabel Y mengalami peningkatan. Menurut (Sujarweni, 2014) nilai koefisien korelasi dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Nilai koefisien korelasi 0.00 – 0.20 (hubungan sangat lemah)
2. Nilai koefisien korelasi 0.21 – 0.40 (hubungan lemah)
3. Nilai koefisien korelasi 0.41 – 0.70 (hubungan kuat)
4. Nilai koefisien korelasi 0.71 – 0.90 (hubungan sangat kuat)
5. Nilai koefisien korelasi 0.91 – 0.99 (hubungan kuat sekali)
6. Nilai koefisien korelasi 1.00 (hubungan sempurna).

Adapun pedoman pengambilan keputusan pada uji korelasi parsial menurut (Santoso, 2018) yaitu:

1. Jika nilai α (signifikansi) < 0.05, maka H0 ditolak dan Ha diterima.
2. Jika nilai α (signifikansi) > 0.05, maka H0 diterima dan Ha ditolak.

Adapun hasil uji korelasi parsial pada data penelitian ini akan disajikan pada tabel berikut 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 Korelasi Parsial

Control Variables			X2 (Umur Tanaman)	X1 (Jumlah Tanaman)
Y (Nilai Konsentrasi)	X2 (Umur Tanaman)	Correlation	1.000	-1.000
		Significance (2-tailed)	-	.000
		df	0	12
	X1 (Jumlah Tanaman)	Correlation	-1.000	1.000
		Significance (2-tailed)	.000	-
		df	12	0

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Dari hasil *output* uji korelasi parsial diatas menunjukkan nilai koefisien korelasi antara variabel umur dan jumlah tanaman dengan nilai konsentrasi adalah -1.000 (bernilai negatif dan kategori hubungan sempurna) dan nilai α (signifikansi) nya adalah 0.00 < 0.05 maka, H0 ditolak dan H1 diterima yang berarti ada hubungan antara variabel umur dan jumlah tanaman dengan nilai konsentrasi).

Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa variabel umur dan jumlah tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipess*) merupakan variabel yang menentukan nilai konsentrasi logam berat Seng (Zn) pada air limbah dalam uji fitoremediasi ini, dimana semakin tua umur tanaman dan semakin kecil jumlah tanaman, maka akan semakin kecil nilai konsentrasi pada akhir uji fitoremediasi.

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

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan pada penelitian ini, tentang fitoremediasi logam berat Zn menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes).* Dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan ciri fisik yang terjadi pada tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes)* selama masa uji fitoremediasi yaitu terjadinya *klorosis* pada daun (menguning), terjadinya *nekrosis* pada daun (layu), tumbuh cabang anakan tanaman baru, dan juga tumbuh bunga.
2. Nilai *efisiensi removal* dari reaktor a dengan perlakuan umur tanaman 8 minggu dengan jumlah 2 tanaman adalah sebesar 24.48 %, reaktor b dengan perlakuan umur tanaman 6 minggu dengan jumlah 3 tanaman adalah sebesar 19.64 %, dan reaktor c dengan perlakuan umur tanaman 4 minggu dengan jumlah 4 tanaman adalah sebesar 15.30 %.
3. Menurut hasil analisa data yang telah dilakukan, variabel umur dan jumlah tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berhubungan dengan nilai konsentrasi pada uji fitoremediasi.

5.2 Saran

Adapun hal yang disarankan penulis dari penelitian ini, antara lain:

1. Perlu ditambahkan banyaknya variasi jumlah tanaman yang sama pada masing-masing variasi umur tanaman untuk mendapatkan data yang lebih variatif dan lengkap.
2. Perlu dilakukan modifikasi pada penelitian selanjutnya, untuk mendapatkan hasil penurunan nilai konsentrasi logam berat Seng (Zn) yang sesuai dengan baku mutu air limbah.
3. Perlu ditambahkan lama waktu uji fitoremediasi lebih dari 12 hari, karena pada 12 hari uji penelitian ini belum terjadi kematian secara total pada tanaman. Serta untuk mendapatkan hasil penurunan nilai konsentrasi yang lebih maksimal.

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

Adany, F. (2017). *Proses Pengolahan Air Limbah Secara Fisika, Kimia dan Biologi*.

Adhani, R., & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press.

Agunbiade, F. O., Olu-Owolabi, B. I., & Adebowale, K. O. (2009). *Phytoremediation Potential Of Eichornia crassipes In Metal-Contaminated Coastal Water*. *Bioresource Technology*, *100*(19), 4521–4526. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.04.011

Amriarni, A., Hendrarto, B., & Hadiyarto, A. (2012). *Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (Anadara granosa L.) Dan Kerang Bakau (Polymesoda bengalensis L.) Di Perairan Teluk Kendari*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *9*(2), 45. https://doi.org/10.14710/jil.9.2.45-50

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.

Arasy, S. A., Elystia, S., & Andrio, D. (2016). *Penyisihan Konsentrasi Pb Menggunakan Typha Latifolia dengan Metode SubSurface Flow Constructed Wetland*. *Jom FTEKNIK*, *3*(1).

Arisandy, F., & Estuningsih, S. P. (2018). *Pengaruh Penambahan Beberapa Konsentrasi Pupuk NPK dan Air Asam Tambang Pada Proses Fitoremediasi oleh Eleocharis dulcis (Burm. F) Trin. Ex. Henschel*. *20*(2), 6.

Artiyani, A. (2011). *Penurunan Kadar N-Total Dan P-Total Pada Limbah Cair Tahu Dengan Metode Fitoremediasi Aliran Batch Dan Kontinyu Menggunakan Tanaman Hydrilla verticillata*. 6.

Asadiya, A., & Karnaningroem, N. (2018). *Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif*. *Jurnal Teknik ITS*, *7*(1), 18–22. https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28923

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

Barsan, N., Nedeff, V., Temea, A., Mosnegutu, E., Chitimus, A. D., & Tomozei, C. (2017). *A Perspective for Poor Wastewater Infrastructure Regions: A Small-scale Sequencing Batch Reactor Treatment System*. *Chemistry Journal of Moldova*, *12*(1), 61–66. https://doi.org/10.19261/cjm.2017.387

Blesstinov, A. G., Maddusa, S. S., & Joseph, W. B. S. (2017). *Analisis Kandungan Seng (Zn) Dalam Air, Sedimen Kerang Dan Ikan Di Sungai Tondano Tahun 2017*. 8.

Capayanti, D. A. M. W. A. (2015). *Analisis Logam Seng (Zn), Besi (Fe) Dan Tembaga (Cu) Pada Susu Bubuk Formula Dengan Metode Destruksi Kering Dan Basah Spektrofotometri Serapan Atom* [Thesis]. Universitas Udayana.

Djo, Y. H. W., Suastuti, D. A., Suprihatin, I. E., & Dwijani, W. (2017). *Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Untuk Menurunkan COD Dan Kandungan Cu Dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik Universitas Udayana*. *Journal of Applied Chemistry*, *5*, 8.

Erawati, E., & Saputra, H. M. (2017). *Pengaruh Konsentrasi Terhadap Fitoremediasi Limbah Zn Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)*. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, *1*.

Firmansyah, I., Syakir, M., & Lukman, L. (2017). *Pengaruh Kombinasi Dosis Pupuk N, P, dan K Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung (Solanum melongena L.)*. *Jurnal Hortikultura*, *27*(1), 69. https://doi.org/10.21082/jhort.v27n1.2017.p69-78

Hardiani, H., Kardiansyah, T., & Sugesty, S. (2016). *Bioremediasi Logam Timbal (Pb) Dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas*. *JURNAL SELULOSA*, *1*(01). https://doi.org/10.25269/jsel.v1i01.18

Hartanti, P. I., Haji, A. T. S., & Wirosoedarmo, R. (2017). *Pengaruh Kerapatan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Terhadap Penurunan Logam Chromium Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit*. 7.

Haryadi, D., Yetti, H., & Yoseva, S. (2015). *Effect Of Some Types Fertilizeron The Growth And Production*. *2*, 10.

Hasyim, N. A. (2016). *Potensi Fitoremediasi Eceng Gondok (Eichornia*

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

crassipes) Dalam Mereduksi Logam Berat (Zn) Dari Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo [Thesis]. UIN ALAUDDIN.

Hayati, E. (2010). *Pengaruh Pupuk Organik Dan Anorganik Terhadap Kandungan Logam Berat Dalam Tanah Dan Jaringan Tanaman Selada*. 11.

Indah, L. S., Hendrarto, B., & Soedarsono, P. (2014). *Kemampuan Eceng Gondok (Eichhornia Sp.), Kangkung Air (Ipomea sp.), Dan Kayu Apu (Pistia sp.) Dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium)*. *3*, 6.

Indriyati, I. (2011). *Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, *9*(1). https://doi.org/10.29122/jtl.v9i1.440

Jamil, A., Darundiati, Y. H., & Dewanti, N. A. Y. (2016). *Pengaruh Variasi Lama Kontak Dan Jumlah Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes) Terhadap Penurunan Kadar Kadmium (Cd) Limbah Cair Batik Home Industry "X" Di Magelang*. *JURNAL KESEHATAN MASYARAKAT*, *4*, 8.

Juhriah, & Alam, M. (2016). *Fitoremediasi Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Tanah Dengan Tanaman Celosia plumosa (Voss) Burv*. *Jurnal Biologi Makassar (Bioma)*, *1*(1).

Koosbandiah, S. H. (2011). *Toksikologi Lingkungan Dan Metode Uji Hayati*. Rizqi Press.

Mansawan, L. B. S. (2016). *Fitoremediasi Logam Berat (Mn, Pb, Zn) dari Limbah Cair Laboratorium Kimia Universitas Kristen Satya Wacana oleh Kayu Apu Dadak (Azolla pinnata R.Br.)*. *Universitas Kristen Satya Wacana*, 24.

Metcalf (last), & Eddy (last). (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse* (4 ed.).

Najamuddin, Prartono, T., Sanusi, H. S., & Nurjana, I. W. (2016). *Distribusi Dan Perilaku Pb Dan Zn Terlarut Dan Partikulat Di Perairan Estuaria Jeneberang, Makassar*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, *8*(1), 18.

Nasution, S. (2011). *Penetapan Kadar Seng (Zn) Pada Air Reservoir PDAM Tirtanandi Instalasi Pengolahan Air Deli Tua Secara Spektrofotometri* [Thesis]. UNIVERSITAS SUMATERA UTARA.

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

Nur Azizah Hasyim. (2016). *Potensi Fitoremediasi Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Dalam Mereduksi Logam Berat Seng (Zn) Dari Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo*. UIN Alauddin.

Patandungan, A., Hs, S., & Aisyah, A. (2016). *Fitoremediasi Tanaman Akar Wangi (Vetiver zizanioides) Terhadap Tanah Tercemar Logam Kadmium (Cd) Pada Lahan TPA Tamangapa Antang Makassar*. *Al-Kimia*, *4*(2), 8–21. https://doi.org/10.24252/al-kimia.v4i2.1676

PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA. (2014). *BAKU MUTU AIR LIMBAH*.

Rahayuningtyas, I., Wahyuningsih, N. E., & Budiyono. (2018). *Pengaruh Variasi Lama Waktu Kontak Dan Berat Tanaman Apu-Apu (Pistia stratiotes L.) Terhadap Kadar Timbal Pada Irigasi Pertanian*. *JURNAL KESEHATAN MASYARAKAT*, *6*, 9.

Raissa, D. G. (2017). *Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) dan Kayu Apu (Pistia stratiotes)*. 153.

Santoso, S. (2018). *Menguasai SPSS Versi 25*. PT Elex Media Komputindo.

Septianingrum, E. (2015). *Kandungan Unsur Mineral Seng (Zn), Bioavailabilitas Dan Biofortifikasinya Dalam Beras*. *Balai Besar Penelitian Tanaman Padi*, *3*, 65–73.

Sidauruk, L., & Sipayung, P. (2015). *Phytoremediation of Contaminated Land at Medan Industrial Area by Ornamental Plants*. *Jurnal Pertanian Tropik*, *2*(2), 178–186. https://doi.org/10.32734/jpt.v2i2.2901

Sudding, & Salempa, P. (2010). *Pengaruh pH Dan Massa Media Tanah Terhadap Jumlah Pb Yang Diserap Oleh Tanaman Sawi Hijau (Brassica juncea)*. *FMIPA UNM Parangtambung*, *5*(3).

Sujarweni, W. (2014). *SPSS Untuk Penelitian*. Pustaka Baru Press.

Sundariani, N. (2017). *Pemanfaatan Eceng Gondok (Eicchornia crassipes) Sebagai Pakan Cacing Tanah (Lumbricus rubellus)* [Thesis]. Universitas Pasundan.

Suryadi, Apriani, I., & Kadaria, U. (2017). *Uji Tanaman Coontail (Ceratophyllum demersum) Sebagai Agen Fitoremediasi Limbah Cair Kopi*. *Jurnal*

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

Teknologi Lingkungan Lahan Basah, *5*(1). https://doi.org/10.26418/jtllb.v5i1.18541

Tosepu, R. (2012). *Laju Penurunan Logam Berat Plumbum (Pb) Dan Cadmium (Cd) Oleh Eichornia Crassipes Dan Cyperus Papyrus*. *19*(1), 9.

Vidyawati, D. S., & Fitrihidajati, H. (2019). *Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (Eichornia crassipes) melalui Pengenceran terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu*. *8*(2), 7.

Vigiyanti, K. A., Chamisijatin, L., & Susetyarini, R. E. (2017). *Microphylla Dimanfaatkan Sebagai Sumber Belajar Biologi*. 4.

Vindiarti, L. (2015). *Proses Adsorbsi Limbah Cair Laboratorium Dengan Menggunakan Karbon Aktif Tongkol Jagung* [Thesis]. Politeknik Negeri Sriwijaya.

Widjajanti, E. (2009). *Penanganan Limbah Laboratorium Kimia*. 8.

Wulandari, P. R. (2014). *Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat*. 11.

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