

**FITOREMEDIASI LOGAM BESI (Fe) PADA AIR EKS GALIAN PASIR
KECAMATAN PASIR SAKTI KABUPATEN LAMPUNG TIMUR
MENGUNAKAN ECENG GONDOK *Eichhornia crassipes* (Martius, 1824)**

Skripsi

Oleh

ARTHO NUGRAHA MARTIN



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

PHYTOREMEDIATION OF IRON ON EX PITS MINING WATER IN DISTRICT PASIR SAKTI EAST LAMPUNG REGENCY WITH WATER HYACINTH *Eichhornia crassipes* (Martius, 1824)

by

Artho Nugraha Martin

District of Pasir Sakti, located in Lampung East regency have many ex pits mining filled by water contained with iron (Fe) in high concentration. To reduce iron concentration used phytoremediation method using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). The aims of this research are to find out the effect of difference in different covering water surface area on reduce iron concentration in water, bioconcentration factor (BCF) and translocation factor (TF), also to study iron concentration in root, stem, and leaf of water hyacinth. This research was conducted by Latin Square Design using 3 treatments and 3 replication respectively 25%, 50% and 75% covering water surface area. The result of this research were showing that has signification effect to reduce iron concentration in water, increase BCF and TF. The iron concentration was decreasing about 97,49% with covered area of water hyacinth reach out 50% of waters surface area.

Key words : *phytoremediation, iron, water hyacinth, BCF, TF*

ABSTRAK

FITOREMEDIASI LOGAM BESI (Fe) PADA AIR EKS GALIAN PASIR KECAMATAN PASIR SAKTI KABUPATEN LAMPUNG TIMUR MENGUNAKAN ECENG GONDOK *Eichhornia crassipes* (Martius, 1824)

Oleh

Artho Nugraha Martin

Kecamatan Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur memiliki banyak lahan bekas galian pasir yang terisi oleh air, air tersebut mengandung logam besi (Fe) dengan konsentrasi yang tinggi. Salah satu upaya untuk mengurangi konsentrasi logam besi yang ada di perairan adalah dengan melakukan fitoremediasi menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh perbedaan luas tutupan terhadap penurunan Fe di air, nilai faktor biokonsentrasi, dan tranlokasi, serta untuk mempelajari konsentrasi Fe di akar, batang, dan daun di eceng gondok. Penelitian dilakukan dengan percobaan rancangan bujur sangkar latin yang terdiri atas 3 perlakuan dan 3 ulangan (3x3). Perlakuan tersebut adalah 25% luas tutupan, 50% luas tutupan, dan 75% luas tutupan eceng gondok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas tutupan eceng gondok memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap persentase penurunan besi (Fe), faktor biokonsentrasi, dan faktor tranlokasi. Perlakuan 50% merupakan perlakuan terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya dengan rata-rata persentase penurunan sebesar 97,49%.

Kata kunci : *fitoremediasi, besi, eceng gondok, biokonsentrasi, translokasi*

**FITOREMEDIASI LOGAM BESI (Fe) PADA AIR EKS GALIAN PASIR
KECAMATAN PASIR SAKTI KABUPATEN LAMPUNG TIMUR
MENGUNAKAN ECENG GONDOK *Eichhornia crassipes* (Martius, 1824)**

Oleh

ARTHO NUGRAHA MARTIN

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN

pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : **FITOREMEDIASI LOGAM BESI (FE) PADA AIR EKS GALIAN PASIR KECAMATAN PASIR SAKTI KABUPATEN LAMPUNG TIMUR MENGGUNAKAN ECENG GONDOK *Eichhornia crassipes* (MARTIUS, 1824)**

Nama : ***Artho Nugraha Martin***

Nomor Pokok Mahasiswa : 1514111070

Program Studi : Budidaya Perairan

Jurusan : Perikanan dan Kelautan

Fakultas : Pertanian



Eko Efendi, S.T., M.Si.
NIP. 197803292003121001

Qadar Hasani, S.Pi., M.Si.
NIP. 197901182002121002

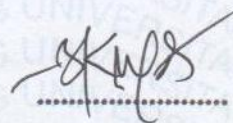
2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

Ir. Siti Hudaidah, M. Sc.
NIP. 196402151996032001

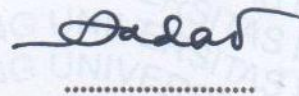
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

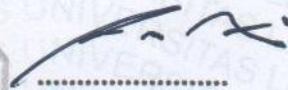
Ketua : Eko Efendi, S.T., M.Si.



Sekretaris : Qadar Hasani, S.Pi., M.Si.



**Penguji
Bukan Pembimbing** : Rara Diantari, S.Pi., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020198631002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 Desember 2019

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana/Ahli Madya), baik di Universitas Lampung maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasi orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah, dengan naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi ini.

Bandar Lampung, 14 Januari 2020
Yang Membuat Pernyataan



Artho Nugraha Martin
NPM. 1514111070

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, 06 April 1997 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Marzawie, S.H (Alm) dan Ibu Titing Murniati. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 2 Rajabasa, Bandar Lampung pada 2009, sekolah menengah pertama di SMP Negeri 8 Bandar Lampung pada 2012, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 14 Bandar Lampung pada 2015.

Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai Mahasiswa Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif menjadi asisten praktikum mata kuliah Ikhtiologi dan Avertebrata Akuatik pada 2016/2017, Genetika Ikan, Limnologi, Ekologi Perairan dan Pengelolaan Pesisir dan Laut pada 2017/2018, serta Manajemen Teknologi Perbenihan Ikan pada 2018/2019. Selama masa studi, penulis juga aktif dalam organisasi tingkat jurusan yaitu Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) sebagai anggota Bidang II Penelitian dan Pengembangan periode kepengurusan 2016/2017 dan 2017/2018.

Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Mekar Sari Jaya, Kecamatan Lambu Kibang, Kabupaten Tulang Bawang Barat pada Januari-Maret

2018. Pada Juli-Agustus 2018 penulis melaksanakan Praktik Umum di Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau, Jepara, Jawa Tengah, dengan judul “**Pembenihan Udang Vannamei *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)** Di Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara Jawa Tengah”. Pada 2019, penulis menyelesaikan tugas akhir dengan menulis skripsi yang berjudul “**Fitoremediasi Logam Besi (Fe) Pada Air Eks Galian Pasir Kecamatan Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur Menggunakan Eceng Gondok *Eichhornia crassipes* (Martius, 1824)**”.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT.

Kupersembahkan Skripsi ini untuk Papa (Almarhum) dan Mama yang selalu menyemangati, senantiasa memberikan kasih sayang, do'a, dukungan, motivasi, pengorbanan, dan selalu memberikan yang terbaik untuk putramu sehingga mampu menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar sarjana ini.

Terimalah bukti kecil ini sebagai kado keseriusanku untuk membalas semua pengorbananmu.. dalam hidupmu demi hidupku kalian ikhlas mengorbankan segala perasaan tanpa kenal lelah, dalam lapar berjuang separuh nyawa hingga segalanya.. Maafkan anakmu Papa,, Mama,, masih saja aku menyusahkanmu..

Untuk Papa.... Mama... Terimakasih...

(Ttd. Putra Bungsumu)

Seluruh keluarga besar yang senantiasa hadir mengiringi perjalanan hidup, terimakasih atas do'a dan dukungan selama masa studi

Serta Almamater Tercinta "Universitas Lampung"

SANWACANA

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi yang berjudul “Fitoremediasi Logam Besi (Fe) Pada Air Eks Galian Pasir Kecamatan Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur Menggunakan Eceng Gondok *Eichhornia crassipes* (Martius, 1824)”.

Selama proses penyelesaian skripsi, penulis memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Orang Tua yang selalu memberikan dukungan do'a, moril dan materil kepada penulis dalam masa perkuliahan. Kakak-kakakku Anna Gustarina Martin, S.Pd. dan Corry Carolina Martin, S.E. serta nenek Enti Surahma atas do'a yang dipanjatkan, kasih sayang, dan dukungan yang tiada henti.
3. Ibu Ir. Siti Hudaidah, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan yang telah memberikan motivasi dan dukungan.
4. Bapak Eko Efendi, S.T., M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Perikanan dan Kelautan, serta selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, dan kritik dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi.

5. Bapak Qada Hasani, S.Pi., M.Si. selaku pembimbing anggota yang senantiasa memberikan waktu, dukungan, motivasi, dan pemahaman selama proses penelitian dan penyelesaian skripsi.
6. Ibu Rara Diantari, S.Pi., M.Sc. selaku dosen penguji yang senantiasa memberikan waktu, dukungan, pemahaman, kritik dan saran.
7. Bapak Limin Santoso, S.Pi., M.Si. selaku Ketua Program Studi Budidaya Perairan dan selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberikan dukungan, dan bimbingan.
8. Seluruh Dosen dan Staff Jurusan Perikanan dan Kelautan, yang telah memberikan pembelajaran dan pemahaman yang berharga.
9. Tim penelitian Lampung Timur Jupendi Aldenus Raja Guk Guk, M. Ariful Aimma, dan Restu Putri Fitarni yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan motivasi selama penelitian kepada penulis.
10. Analis dan Staff UPT LTSIT Universitas Lampung yang telah memberikan bantuan, ilmu, dan pemahaman selama penelitian.
11. Teman-teman seperjuangan BDPI 2015 yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang selalu membantu dan mendukung penulis selama ini.
12. Iyay, atu, dan adik-adik Jurusan Perikanan dan Kelautan yang telah memberikan semangat dan dukungan.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa mendatang.

Bandar Lampung, 14 Januari 2020
Penulis

Artho Nugraha Martin

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian.....	4
C. Manfaat Penelitian.....	4
D. Kerangka Pikir Penelitian.....	5
E. Hipotesis.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Fitoremediasi	8
B. Logam Besi (Fe).....	9
C. Eceng Gondok	11
1. Klasifikasi Eceng Gondok	11
2. Morfologi Eceng Gondok.....	12
3. Ekologi Eceng Gondok.....	13
D. Mekanisme Penyerapan Logam oleh Tanaman	14
III. METODOLOGI PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat	17
B. Alat dan Bahan	17
C. Rancangan Penelitian	17
1. Rancangan Lingkungan	17
2. Rancangan Percobaan.....	18
3. Tahapan Uji	19
D. Rancangan Respon	20
1. Konsentrasi Fe	20
2. Faktor Biokonsentrasi.....	22
3. Faktor Translokasi	23
4. Kualitas Air	23
E. Rancangan Analisis	24

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

V. PENUTUP

A. Kesimpulan	36
B. Saran.....	36

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Kisaran Kualitas Air Percobaan	28
2. Rata-rata Kandungan Amonia (NH ₃), Nitrat(NO ₃ ⁻), Fosfat (PO ₄), dan Kalium (K)	30
3. Nilai Faktor Biokonsentrasi dan Translokasi	33

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Alur dan Tahapan Penelitian	6
2. Morfologi Eceng Gondok.....	12
3. Tata Letak Wadah Penelitian	18
4. Persentase Penurunan Fe di Air.....	25
5. Konsentrasi Fe pada Waktu yang Berbeda.....	27
6. Konsentrasi Fe di Air dan Tanaman Sebelum Percobaan	31
7. Konsentrasi Fe di Air dan Tanaman Setelah Percobaan	32

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kecamatan Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur memiliki lahan bekas galian pasir yang membentuk danau-danau yang luas akibat adanya hujan dan resapan air tanah masuk ke dalam bekas galian (Malik, 2017), yang dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan. Dampak tersebut sangat berkaitan dengan degradasi lahan, khususnya di lokasi bekas galian yang hanya dibiarkan saja tanpa adanya upaya reklamasi lahan (Kurniawan dan Surono, 2013). Degradasi lahan yang terjadi dapat juga berdampak pada perubahan kondisi fisika, biologi, dan kimia air dan tanah (Siswanto *et al.*, 2012). Perubahan fisika diantaranya adalah perubahan pada bentang alam, pola aliran air permukaan dan air tanah (Marini *et al.*, 2014), serta bentuk muka tanah akibat erosi (Yudhistira *et al.*, 2011), lalu pengikisan humus tanah, dan terbentuknya lubang-lubang yang besar di bekas galian pasir, (Hasibuan, 2006 *dalam* Suherman, 2015). Perubahan biologi seperti rusaknya habitat dan vegetasi (Ramadan *et al.*, 2011), serta perubahan flora dan fauna. Sedangkan perubahan kimia meliputi pencemaran air akibat limbah (Romiyanto *et al.*, 2015) dan tingginya kandungan logam (Wahyuni *et al.*, 2013).

Kandungan logam yang tinggi dapat bersumber dari alam (Wahyuni *et al.*, 2013), atau dapat bersumber dari geogenik dan masukan limbah dari luar sehingga dapat mencemari perairan bekas galian pasir (Khatri *et al.*, 2017). Logam besi (Fe),

aluminium (Al), timbal (Pb), magnesium (Mg), kadmium (Cd), seng (Zn), dan tembaga (Cu) merupakan jenis logam yang sering ditemukan di bekas galian pasir (España *et al.*, 2008). Darmayanti *et al.* (2000) menemukan bahwa dari semua jenis logam yang ada, 30% adalah logam besi (Fe) yang merupakan jenis logam dengan konsentrasi tertinggi yang ada pada pasir mineral. Unsur besi (Fe) yang ada dapat ditemukan dalam bentuk senyawa magnetite Fe_3O_4 berwarna hitam, ilmenite FeTiO_3 berwarna hitam, hematite dan maghemite Fe_2O_3 yang berwarna merah. Konsentrasi logam besi (Fe) yang tinggi, menyebabkan perlu adanya upaya untuk mengurangi pencemaran logam yang ada sehingga tidak berdampak negatif bagi lingkungan dan organisme yang hidup di dalamnya.

Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mereduksi konsentrasi logam pada air, antara lain adalah dengan adsorpsi menggunakan karbon aktif (Syauqiah *et al.*, 2011), bahan organik (Annisa dan Subagio, 2016), zeolit (Runtti *et al.*, 2017), tanah lempung (Elisa *et al.*, 2016), dan batu kapur (Iakovleva *et al.*, 2015). Selain itu dapat juga dengan pertukaran ion menggunakan resin tertentu (Said, 2010), membran filtrasi diantaranya, mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi (NF), dan *reverse osmosis* (RO) (Giwa *et al.*, 2017). Reduksi Fe dapat juga dilakukan secara biologis menggunakan isolat bakteri produksi logam (Lewaru *et al.*, 2012), mikorizoremediasi dengan fungi (Suharno dan Peni, 2013), serta fitoremediasi menggunakan tanaman hijau (Ajibade *et al.*, 2013). Dari beberapa metode yang ada, fitoremediasi dianggap metode yang paling baik untuk mereduksi pencemaran, karena fitoremediasi merupakan metode yang mudah untuk dilakukan, praktis, efektif, serta dapat memanfaatkan tumbuhan sekitar. Telah diketahui lebih dari

400 spesies tanaman dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi, salah satunya adalah eceng gondok (Hazrat *et al.*, 2013).

Eceng gondok terbukti mampu menjadi agen fitoremediasi yang baik untuk mereduksi logam terutama besi (Fe). Ajibade *et al.* (2013) menyatakan bahwa eceng gondok dengan biomassa yang berbeda mampu mereduksi Fe pada limbah domestik sebesar 71,2%. Rondonuwu (2014) mengungkapkan bahwa eceng gondok dengan tiga perlakuan jenis tanaman yang berbeda dapat mereduksi merkuri (Hg) hingga 81,19%. Singh dan Kalamdhad (2013) dalam Rezania *et al.* (2015) menyebutkan bahwa eceng gondok dengan perlakuan komposisi logam pada air limbah yang berbeda dapat mereduksi Fe sebesar 98%. Elisa *et al.* (2016) menyatakan bahwa eceng gondok dengan konsentrasi campuran tanah lempung yang berbeda mampu mengurangi konsentrasi besi (Fe) dan Mangan (Mn) sebesar 88,98 %. Djo *et al.* (2017) menggunakan eceng gondok dengan lama kontak yang berbeda dapat mereduksi Cu dan Cr sebesar 68,73%. Sidek *et al.* (2018) mengungkapkan eceng gondok dari tiga jenis tanaman yang diujikan mampu menurunkan besi (Fe) sebesar 90,5%. Sedangkan Yunus dan Prihatin (2018) menyatakan bahwa fitoremediasi dengan menggunakan eceng gondok pada lahan basah buatan mampu mereduksi Fe sebesar 95,28%. Berdasarkan beberapa hasil penelitian tersebut, eceng gondok dianggap mampu untuk mereduksi konsentrasi logam besi (Fe) pada air lahan galian pasir Kecamatan Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur.

Lahan bekas galian yang ada di Kecamatan Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur memiliki potensi untuk digunakan sebagai sarana budidaya perikanan, namun galian tersebut diduga terdapat konsentrasi logam besi yang tinggi. Berdasarkan

hasil pengukuran logam yang dilakukan oleh Dinas Kelautan Perikanan Provinsi Lampung pada tahun 2017 pada galian pasir tersebut, diperoleh hasil logam besi (Fe) dengan konsentrasi berkisar antara 0,22-1,54 mg/l di air dan 1,75-36,46 mg/100 gr pada daging ikan yang hidup pada lahan bekas galian pasir tersebut. Berdasarkan hal di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui apakah fitoremediasi menggunakan eceng gondok mampu untuk mereduksi konsentrasi logam Fe. Sehingga nantinya galian tersebut dapat digunakan untuk kegiatan budidaya perikanan.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui pengaruh luas tutupan terhadap penurunan konsentrasi Fe di air dengan fitoremediasi menggunakan eceng gondok (*E. crassipes*).
2. Mengetahui pengaruh luas tutupan terhadap nilai faktor biokonsentrasi dan translokasi dengan fitoremediasi menggunakan eceng gondok (*E. crassipes*).
3. Mempelajari konsentrasi Fe di eceng gondok (*E. crassipes*) pada jaringan akar, batang, dan daun.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain :

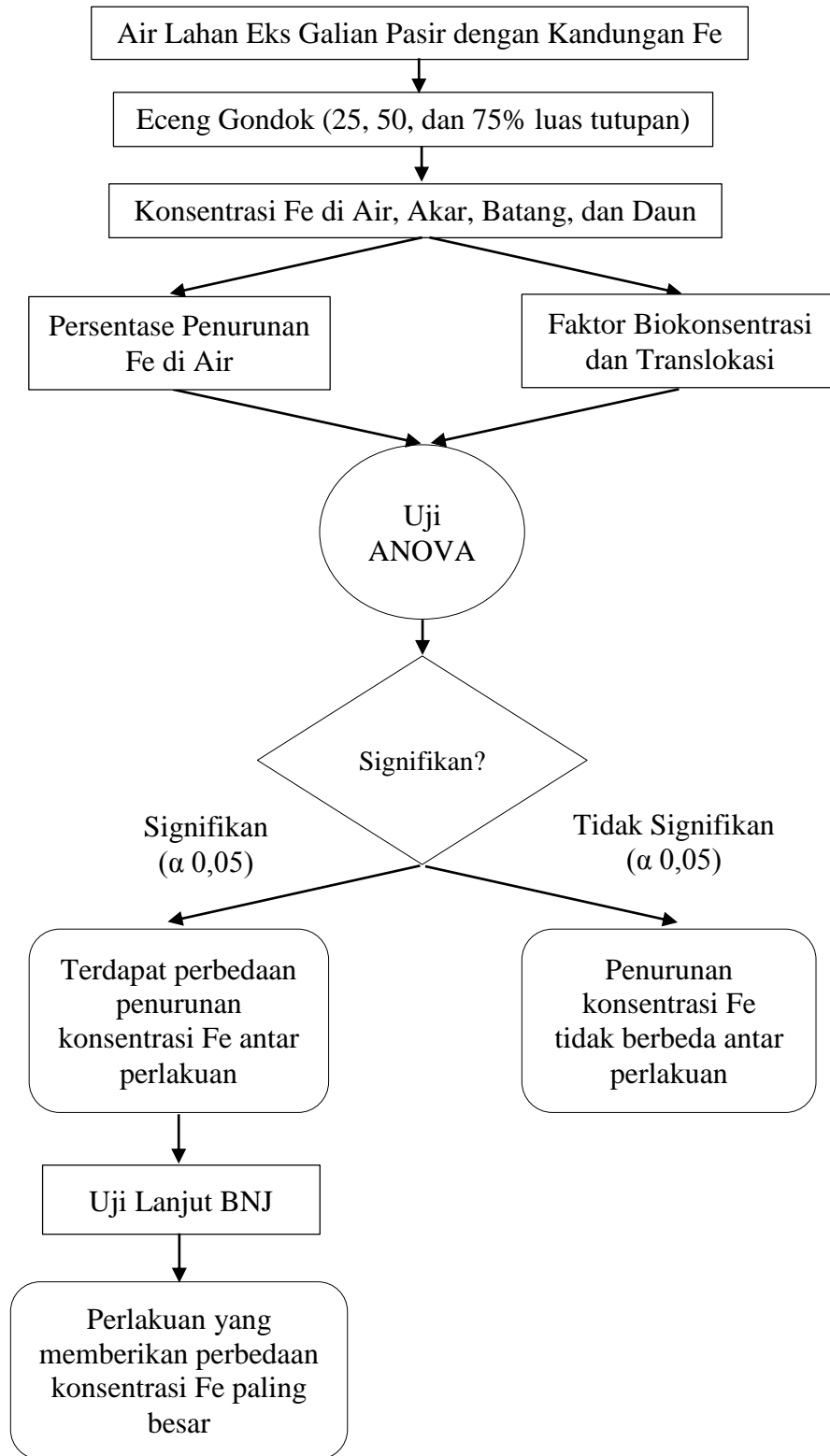
1. Memberikan informasi tentang pemanfaatan tanaman eceng gondok sebagai agen fitoremediasi untuk mereduksi logam besi (Fe) di perairan bekas galian pasir Kecamatan Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur.
2. Memberikan informasi tentang kesesuaian eceng gondok sebagai agen fitoremediasi ditinjau dari nilai faktor translokasi dan biokonsentrasi yang diperoleh.

3. Keberhasilan penelitian ini akan bermanfaat sebagai metode yang dapat dilakukan oleh masyarakat sekitar untuk mereduksi logam besi (Fe) pada air eks galian pasir Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur sehingga dapat digunakan untuk kegiatan budidaya perikanan.

D. Kerangka Pikir

Lahan bekas galian pasir yang berada di Kecamatan Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur diduga terkandung logam besi (Fe) dengan konsentrasi yang tinggi, yaitu berkisar 0,22-1,54 mg/l berdasarkan pengukuran yang dilakukan Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Lampung tahun 2017. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mereduksi kandungan Fe dalam air dengan melakukan fitoremediasi menggunakan eceng gondok. Untuk mengetahui kemampuan eceng gondok dalam mereduksi logam Fe, maka dilakukan percobaan dengan perlakuan berdasarkan luas tutupan eceng gondok yang berbeda terhadap luas kolam percobaan, yaitu 25, 50, dan 75% selama 21 hari yang dilakukan dengan menggunakan rancangan bujur sangkar latin. Eceng gondok yang digunakan memiliki panjang akar, jumlah batang, dan daun yang sama.

Selama percobaan berlangsung, pengukuran konsentrasi Fe dilakukan setiap tujuh hari sekali, sedangkan pada akar, batang, dan daun eceng gondok, pada awal dan akhir percobaan. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan dilakukan analisis varian (Anova) terhadap persentase penurunan Fe di air, faktor biokonsentrasi dan faktor translokasi. Apabila hasil analisis varian diperoleh hasil yang signifikan maka akan dilakukan uji lanjut BNT untuk menentukan perlakuan terbaik. Kerangka pikir pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur dan Tahapan Penelitian

E. Hipotesis

Penelitian ini diharapkan dapat menjawab pertanyaan mengenai efektifitas eceng gondok sebagai agen fitoremediasi logam Fe pada air dari lahan eks galian pasir.

Maka dugaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Hipotesis Asosiatif

a. $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_r = 0$ Tidak ada pengaruh perbedaan luas tutupan eceng gondok terhadap penurunan konsentrasi Fe di air.

$H_1 : \tau_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, r$ Minimal terdapat satu pengaruh perbedaan luas tutupan eceng gondok terhadap penurunan konsentrasi Fe di air.

b. $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_r = 0$ Tidak ada pengaruh perbedaan luas tutupan eceng gondok terhadap nilai faktor biokonsentrasi dan translokasi.

$H_1 : \tau_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, r$ Minimal terdapat satu pengaruh perbedaan luas tutupan eceng gondok terhadap nilai faktor biokonsentrasi dan translokasi.

2. Hipotesis Deskriptif

a. Hipotesis Umum

Luas tutupan eceng gondok yang lebih besar akan lebih mudah untuk menyerap Fe.

b. Hipotesis Khusus

- 1) Jumlah akar eceng gondok yang lebih banyak akan lebih banyak menyerap Fe.
- 2) Jumlah luas tutupan eceng gondok yang lebih besar akan meningkatkan konsentrasi Fe pada batang.
- 3) Jumlah luas tutupan eceng gondok yang lebih besar akan meningkatkan konsentrasi Fe pada daun.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Fitoremediasi

Fitoremediasi berasal dari bahasa Yunani dari kata fito yang berarti tanaman, dan remedium dari bahasa Latin yang berarti memulihkan keseimbangan atau perbaiki (Rondonuwu, 2014). Fitoremediasi juga dikenal sebagai *Green Clean*, yaitu strategi yang bertujuan untuk menghilangkan pencemaran limbah dari lingkungan dengan menggunakan tanaman hijau (Raskin, 1996 dalam Ndimele *et al.*, 2011). Konsep ini sudah banyak digunakan karena tidak banyak menggunakan biaya, dan ramah lingkungan. Terlepas dari hal tersebut, fitoremediasi juga dapat bertujuan untuk biomonitoring polutan menggunakan spesies tanaman sebagai akumulator, mengumpulkan polutan seperti logam berat dalam jumlah yang relatif besar tanpa adanya efek berbahaya (Ravera *et al.*, 2003 dalam Ndimele *et al.*, 2011).

Penyerapan logam berat melalui proses fitoremediasi oleh tumbuhan terdiri atas beberapa proses diantaranya *phytoextraction*, *phytostabilisation*, *rhizodegradation*, *phytodegradation*, dan *phytovolatilization*.

Phytoextraction : merupakan proses penarikan zat kontaminan oleh akar dari media tanah atau air sehingga akan berakumulasi disekitar akar.

Rhizofiltration : adalah peroses penyerapan atau pengendapan zat kontaminan untuk menempel pada akar

Phytostabilisation : proses digunakan oleh beberapa jenis tanaman untuk mengurangi mobilitas zat kontaminan tertentu di tanah atau air melalui proses penyerapan dan menariknya ke akar. Zat yang menempel di akar tidak lepas oleh erosi dan deflasi.

Rhizodegradation : proses penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroorganisme yang berada di sekitar akar tumbuhan. Misalnya fungi, atau bakteri.

Phytodegradation : proses yang dilakukan tumbuhan untuk mengurai zat kontaminan oleh tanaman yang dibantu oleh enzim seperti enzim dehalogenase dan oksigenase.

Phytovolatilization : proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk zat yang telah terurai oleh proses sebelumnya untuk selanjutnya akan di uapkan ke atmosfer (Tangahu *et al.*, 2011).

B. Logam Besi (Fe)

Besi (Fe) adalah salah satu elemen yang dapat ditemukan pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan tanah dan semua air. Pada umumnya besi yang ada di dalam air dapat bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} atau tidak terlarut sebagai Fe^{3+} . Dalam bentuk ikatan dapat berupa Fe_2O_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ atau FeSO_4 tergantung dari unsur yang mengikatnya. Besi dalam air bersumber dari dalam tanah itu sendiri dan dapat pula berasal dari sumber lain (Gloria *et al.*, 2016). Besi terdapat dalam beberapa bentuk di dalam air, di antaranya berdasarkan bentuk mineralnya, kelarutannya, dan sifat kimianya (Khatri *et al.*, 2017). Beberapa bentuk anhidrat seperti hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Dalam bentuk

terhidrasi seperti ferrihidrit dengan variabel kadar air disebut sebagai $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (Braunschweig *et al.*, 2013). Dalam konsentrasi yang diperlukan, besi berperan sebagai salah satu unsur penting bagi manusia dan bagi bentuk kehidupan lainnya (Jayaweera *et al.*, 2008). Konsentrasi Fe yang terlalu tinggi dapat berdampak bagi lingkungan diantaranya endapan dapat mengakibatkan gangguan teknis, gangguan fisik, dan gangguan kesehatan seperti pengikisan area mukosa di perut pada manusia, merusak membran sel, protein dan memutus rantai DNA (Gurzau *et al.*, 2003 dalam Jayaweera *et al.*, 2008).

Besi merupakan senyawa esensial bagi seluruh organisme yang keberadaannya paling berlimpah di bumi. Bagi organisme besi terlibat dalam proses penting bagi organisme seperti transport elektron pada proses fotosintesis dan respirasi pada tumbuhan, pertukaran darah dan oksigen pada vertebrata (Baldantoni *et al.*, 2014). Konsentrasi besi dalam air sangat dipengaruhi oleh tingkat keasaman atau pH air itu sendiri. Hal serupa akan terjadi pada besi yang berada di dalam tanah. Namun, selain pH sebagai faktor utama yang paling berpengaruh di lingkungan, terdapat beberapa faktor yang lain di alam yang juga dapat mempengaruhi kelarutan besi seperti senyawa organik, bakteri, dan reaksi redoks lingkungan.

Nilai pH dari 1 hingga 13 mengindikasikan jumlah dan aktifitas ion OH^- semakin bertambah. Hal ini menyebabkan interaksi ion besi dan hidroksida semakin tinggi sehingga jumlah endapan besi hidroksida semakin bertambah. Besi membentuk endapan besi(II) hidroksida atau besi(III) hidroksida ketika bereaksi dengan basa. Dengan demikian, besi mengendap pada suasana basa (Gelyaman, 2018). Besi mengendap seluruhnya pada $\text{pH} > 8,5$ membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ sehingga tidak dapat

diserap oleh tanaman. Besi akan tersedia baik bagi tanaman pada pH berkisar 4,6 – 7,4. Sedangkan pada pH 7,5 – 8,5 kelarutan Fe^{2+} sangat kecil yaitu mulai dari 10^{-10} M (Colombo *et al.*, 2014).

Bentuk besi dalam air dibedakan berdasarkan atas bentuk mineral, kelarutan, dan sifat kimianya. Dalam bentuk mineralnya, besi berikatan dengan silika dalam bentuk pyroxene ($\text{Fe}(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$), amphibole (SiO_4), biotite $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{F}, \text{OH})_2$, dan olivine $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$. Berdasarkan kelarutannya di dalam air, besi umumnya dalam bentuk sebagai Fe^{2+} dan dalam bentuk tidak terlarut sebagai Fe^{3+} (Khatri *et al.*, 2017). Bentuk Fe^{2+} atau *ferrous* merupakan bentuk yang dapat diserap oleh tanaman, sedangkan Fe^{3+} atau *ferric* merupakan hasil oksidasi dari Fe^{2+} yang tidak dapat diserap oleh tanaman. Perubahan bentuk besi dari bentuk yang tidak dapat diserap atau tidak larut di dalam air menjadi bentuk yang dapat larut sehingga dapat diserap oleh tanaman tidak lepas dari proses oksidasi. Proses ini dapat dipengaruhi oleh nilai pH dan DO. Hal ini yang dapat menyebabkan berkurangnya besi di air. Besi juga dapat berbentuk besi (II) atau besi (III) hidroksida karena bereaksi dengan air yang akan mengendap dan sulit untuk diserap oleh tanaman.

C. Eceng Gondok

1. Klasifikasi Eceng Gondok

Klasifikasi eceng gondok menurut Suhono (2010) dalam Hasyim (2016) adalah sebagai berikut

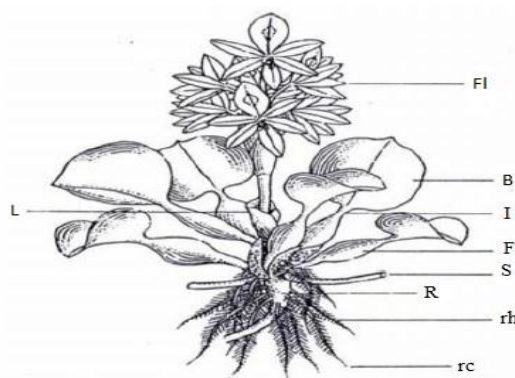
Kingdom : Plantae

Phylum : Spermatophyta

Classis : Monocotyledoneae
 Ordo : Commelinales
 Famili : Pontederiaceae
 Genus : *Eichhornia*
 Species : *Eichhornia crassipes*

2. Morfologi Eceng Gondok

Eceng gondok (*E. crassipes*) merupakan tumbuhan yang hidup di perairan terbuka. Tumbuhan ini hidup mengapung di permukaan air dan berakar di dalam air. Perkembangan biakan eceng gondok terjadi secara seksual maupun aseksual. Saat kondisi yang baik, eceng gondok dapat bereproduksi berlipat ganda dalam 5-15 hari. Hal ini yang membuat eceng gondok dimanfaatkan untuk memperbaiki kualitas air limbah. Eceng gondok mampu tumbuh dengan ketinggian antara 40-80 cm dengan panjang daun hingga mencapai 7-25 cm. Satu individu eceng gondok terdiri atas helai daun, pengapung, leher daun, ligula, akar rambut, ujung akar, dan stolon yang digunakan untuk tempat berkembang biak seperti pada Gambar 2 (Muhtar, 2008 dalam Hasyim, 2016).



Gambar 2. Morfologi Eceng Gondok (FI= Bunga (*flower*), B=Helai daun (*leaf blade*), F= Pengapung (*float*), I= Leher daun (*Isthmus*), L= Ligula, R= Akar (*Root*), rh = Akar rambut (*root hair*), rc = Ujung akar, S=Stolon (Rahmaningsih, 2006 dalam Hasyim, 2016).

Akar eceng gondok merupakan akar serabut yang tidak memiliki cabang namun memiliki tudung akar. Akar eceng gondok menghasilkan akar lateral dengan jumlah besar yaitu 70 buah/cm. panjang akarnya bervariasi berkisar 10-30 cm. Akar ini umumnya memiliki biomassa 50% dari total biomassa tumbuhannya, namun akar akan tumbuh kecil apabila tumbuh di dalam lumpur. Akar berfungsi untuk penopang tumbuhan dan juga berperan sebagai menyerap zat hara yang diperlukan dari dalam air. Dilihat dari susunan akarnya, akar eceng gondok juga mampu mengumpulkan lumpur dan partikel terlarut yang ada di dalam air (Muhtar, 2008 *dalam* Hasyim, 2016).

Eceng gondok termasuk dalam golongan makrofita yang memiliki daun berada di atas permukaan air. Daun eceng gondok memiliki lapisan rongga udara yang berfungsi sebagai alat pengapung di permukaan air. Selain itu rongga udara ini juga dapat berfungsi sebagai penyimpan oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis. Proses fotosintesis dapat terjadi karena di pada daun eceng gondok terdapat zat hijau daun atau klorofil yang terdapat di sel epidermis. Oksigen yang dihasilkan pada proses fotosintesis akan digunakan oleh tanaman untuk respirasi pada malam hari dan menghasilkan karbon dioksida yang akan dilepaskan di air (Muhtar, 2008 *dalam* Hasyim, 2016).

3. Ekologi Eceng Gondok

Eceng gondok memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi sehingga cocok untuk dijadikan agen remediasi. Hal ini sesuai dengan pertanyaan Peer *et al.* (2008) *dalam* Widyati (2011) bahwa salah satu persyaratan tanaman dapat dijadikan sebagai agen fitoremediasi adalah harus dapat menghasilkan biomas yang tinggi dalam

waktu yang singkat. Pertumbuhan eceng gondok tersebut akan semakin baik jika pada tempat hidupnya banyak terkandung limbah pertanian atau pabrik. Hal inilah yang menjadikan eceng gondok juga sebagai indikator pencemaran suatu perairan.

Fitoremediasi dapat berjalan dengan baik, jika pertumbuhan tanaman berjalan dengan baik juga. Beberapa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi performa dan pertumbuhan tanaman eceng gondok diantaranya seperti suhu, pH, intensitas cahaya matahari, serta salinitas air (Lissy *et al.*, 2010). Eceng gondok dapat tumbuh dengan baik pada suhu 25-30 °C. Suhu diatas 33 °C dapat menghambat pertumbuhan eceng gondok (Center *et al.*, 2002 *dalam* Gupta *et al.*, 2012). Eceng gondok tidak dapat bertahan pada salinitas diatas 2 ppt. Tumbuhan ini dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH 5,5-7,0 (Lu, 2009 *dalam* Gupta *et al.*, 2012).

D. Mekanisme Penyerapan Logam oleh Tanaman

Kemampuan menyerap logam dimiliki oleh semua tumbuhan, hanya saja jumlah logam yang diserapnya bervariasi tergantung dari jenis tanamannya. Beberapa tumbuhan terbukti memiliki kemampuan menyerap logam yang tinggi atau disebut dengan hiperakumulator. Hiperakumulator adalah sifat yang dimiliki beberapa tanaman untuk mampu mengakumulasi logam tertentu pada jaringan akar atau tajuk dengan konsentrasi yang tinggi (Hidayati, 2005). Dengan adanya sifat hiperakumulator ini, tumbuhan digunakan sebagai agen fitoremediasi. Dalam prosesnya logam akan diserap oleh akar yang nantinya akan ditranslokasikan ke bagian lainnya seperti batang, daun, dan bunga untuk selanjutnya disimpan, diolah, dan dibuang (Irawanto *et al.*, 2014).

Terdapat tiga proses yang terjadi pada mekanisme penyerapan logam pada tumbuhan yaitu: penyerapan oleh akar, translokasi logam ke bagian tumbuhan lainnya, dan lokalisasi logam pada sel dan jaringan tumbuhan (Hardiani, 2009). Proses pertama dalam mekanisme penyerapan logam adalah penyerapan oleh akar yang disebut dengan rhizofiltrasi. Rhizofiltrasi adalah proses untuk mengabsorpsi, mengkonsentrasi, dan mempresipitasi logam oleh akar tumbuhan dari lingkungan yang terkontaminasi. Tumbuhan hiperakumulator mampu mengeluarkan senyawa organik dan enzim yang disebut dengan eskudat akar (Irawanto *et al.*, 2014) untuk menjadikan logam dari bentuk yang tidak dapat diserap menjadi dapat diserap. Pada bagian akar logam akan diakumulasi dan masuk melalui korteks di dekat endodermis, hal ini berfungsi sebagai *partial barrier* terhadap pemindahan logam dari akar (Siswanto, 2009). Beberapa faktor mempengaruhi proses penyerapan logam oleh akar yang ditentukan oleh permeabilitas, transpirasi, dan tekanan akar serta kehadiran dari sistem pemacu penyerapan logam (*enchanced metal uptake system*) yang diperkirakan hanya dimiliki oleh tumbuhan hiperakumulator (Hidayati, 2013).

Proses selanjutnya adalah translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan seperti batang, daun, dan akar. Pada proses ini terdapat dua proses utama yakni pergerakan oleh xilem dan volume fluks dalam xilem yang dimediasi oleh tekanan akar dan transpirasi oleh daun. Dengan adanya proses ini juga dapat mengindikasikan adanya sistem translokasi logam dari akar ke tajuk dengan efisien. Selanjutnya adalah proses yang dilalui oleh logam untuk menentukan bentuk ikatan logam yang akan diakumulasi dan di bagian tanaman dimana akan disimpan yang disebut dengan

sekuertrasi (*sequestration*) dan kompleksasi (*complexation*) (Hidayati, 2013).

Proses terakhir dalam proses penyerapan logam oleh tanaman logam akan masuk ke jaringan tanaman melalui plasmalema, sitoplasma, dan vakuola dimana logam akan terakumulasi dalam vakuola yang bertujuan untuk menjaga agar logam tidak mengganggu proses metabolisme tumbuhan (Priyanto dan Prayitno, 2004).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga Juli 2019, berlokasi di Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur. Pengukuran kualitas air dilakukan secara in-situ, sedangkan untuk pengujian konsentrasi logam pada air dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kolam terpal (2,5 x 1,5 x 0,30 m³), pompa air, ember, termometer digital, pH meter, DO meter, botol sampel air, dan *cool box*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah air yang diambil dari bekas galian pasir di Kecamatan Pasir Sakti, air bersih, dan eceng gondok.

C. Rancangan Penelitian

1. Rancangan Lingkungan

Penelitian ini dilaksanakan di ruangan terbuka (*outdoor*) dengan wadah berupa kolam terpal berukuran 2,5 x 1,5 x 0,30 m³ sebanyak 9 buah. Rancangan percobaan pada penelitian ini menggunakan Rancangan Bujur Sangkar Latin dengan 3 perlakuan dan 3 ulangan (3 x 3) dengan asumsi hanya jumlah eceng gondok yang homogen (panjang akar, jumlah daun, dan batang sama), selain itu tidak ada yang

homogen. Setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali sehingga jumlah unit percobaan sebanyak 9 unit. Sebelum wadah digunakan, wadah akan ducuci dan dikeringkan. Setelah itu wadah disusun menggunakan rancangan bujur sangkar latin.

Penentuan posisi wadah percobaan dilakukan dengan cara pengacakan menggunakan aplikasi Microsoft Excel. Skema posisi rancangan perlakuan dapat dilihat pada Gambar 3.

B1	A3	C2
A2	C3	B3
C1	B2	A1

Keterangan : Pa,b ; Notasi a, b menyatakan; a = perlakuan ke-i ; b= ulangan ke-i

Gambar 3. Tata Letak Wadah Penelitian

2. Rancangan Percobaan

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat eksperimental dengan tujuan untuk mempelajari penurunan konsentrasi logam besi (Fe) pada air eks galian pasir dengan fitoremediasi menggunakan eceng gondok. Perlakuan yang diberikan yaitu dengan pemberian luas tutupan eceng gondok dalam wadah percobaan yang berbeda dengan model persamaan sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + K_j + \tau_k + \varepsilon_{ijk}$$

μ = Rataan umum

β_i = Pengaruh baris ke-i

K_j = Pengaruh kolom ke-j

τ_k = Pengaruh perlakuan ke-k

ε_{ijk} = Pengaruh acak dari baris ke-i, kolom ke-j dan perlakuan ke-k

Adapun kelompok perlakuan yang digunakan adalah luas tutupan eceng gondok yang berbeda :

A : Perlakuan dengan luas tutupan 25% eceng gondok.

B : Perlakuan dengan luas tutupan 50% eceng gondok.

C : Perlakuan dengan luas tutupan 75% eceng gondok.

3. Tahapan Uji

a) Persiapan Wadah Penelitian

Tahapan percobaan diawali dengan persiapan wadah. Wadah percobaan berupa kolam terpal berukuran 1,5 x 2,5 x 0,30 m³ dibersihkan menggunakan air bersih dengan cara membilas wadah menggunakan air bersih kemudian dikeringkan. Air eks galian pasir dimasukkan ke setiap wadah dengan ketinggian 30 cm. Pengambilan air dilakukan dengan menggunakan pompa yang disambungkan dengan selang. Pompa diletakkan di tengah dengan titik yang tidak berubah di bekas galian pasir dengan menggunakan alat apung yang biasa digunakan untuk mengambil pasir. Air yang diambil adalah air pada bagian tengah kolom air. Pengecekan konsentrasi Fe dilakukan sebelum proses percobaan berlangsung untuk mengetahui konsentrasi Fe di awal sebelum perlakuan.

b) Persiapan Eceng Gondok

Eceng gondok yang digunakan merupakan eceng gondok berukuran kecil berasal dari perairan eks galian pasir itu sendiri atau di perairan sekitarnya dengan ukuran yang seragam (jumlah daun, tinggi tumbuhan, dan panjang akar yang sama).

Eceng gondok kemudian dibersihkan menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran, telur organisme lain, dan larva serangga yang kemungkinan menempel pada tanaman. Eceng gondok yang telah dibersihkan dimasukkan ke dalam wadah percobaan sesuai perlakuan.

c) Proses Fitoremediasi

Proses remediasi berlangsung selama 3 minggu dimulai saat eceng gondok dimasukkan ke dalam wadah percobaan. Selama percobaan berlangsung tidak dilakukan pergantian air kecuali penambahan air karena proses penguapan untuk menyamakan volume awal. Pengambilan sampel air dilakukan seminggu sekali sedangkan biomassa eceng gondok diambil pada awal dan akhir percobaan untuk mengecek konsentrasi Fe yang terkandung dalam air dan eceng gondok.

D. Rancangan Respon

1. Konsentrasi Fe

Respon yang ingin diketahui dari percobaan ini adalah kemampuan eceng gondok dalam mereduksi Fe meliputi konsentrasi Fe pada air, tanaman, persentase penurunan serta kualitas air. Pengecekan konsentrasi Fe dilakukan setiap seminggu sekali. Pengambilan sampel air dilakukan dengan cara mengambil sampel air setiap perlakuan sebanyak 1 liter dengan menggunakan botol plastik putih tidak tembus pandang sehingga cahaya matahari tidak akan masuk. Sampel tanaman diambil pada awal dan akhir percobaan. Sampel akan diuji di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung mengacu pada metode EPA 200.7 Revisi 5 dengan langkah-langkah sebagai berikut :

a. Preparasi Sampel Air

1. Labu destruksi sebanyak satu buah disiapkan.
2. Sampel sebanyak 10 mL diambil menggunakan pipet 10 mL dan dimasukkan ke labu destruksi.
3. HNO_3 (1+1) sebanyak 0,2 mL dan HCl (1+1) sebanyak 0,1 mL ditambahkan ke labu destruksi.
4. Labu destruksi di masukkan ke dalam *heavy metal digester*.
5. Sampel didestruksi dengan suhu 95°C selama 30 menit.
6. Sampel ditunggu hingga dingin.
7. Sampel dipindahkan ke dalam labu ukur 10 mL menggunakan pipet 10 mL.
8. Jika ada endapan, sampel akan disaring menggunakan kertas saring Whatman no.41 (ukuran $0,45\ \mu\text{m}$).
9. Volume sampel ditepatkan menjadi 10 mL menggunakan *aquapure water* dan kemudian dibiarkan semalaman.
10. Sampel dipindahkan ke botol HDPE 50 mL.
11. Sampel dipindahkan ke tabung autosampler.
12. Sampel siap untuk dianalisis.

b. Preparasi Sampel Eceng Gondok

1. Sampel sebanyak 1 gr ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu *heavy metal digester*.
2. HNO_3 (1+1) dan HCl (1+1) ditambahkan masing-masing 5 mL dan ditambahkan H_2O_2 sebanyak 3 mL.
3. Sampel didestruksi dengan suhu 95°C selama 30 menit.
4. Sampel dibiarkan hingga dingin.

5. Sampel disaring dengan kertas Whatman No. 41.
6. Sampel dipindahkan ke labu 50 mL dan diencerkan dengan *ultrapure water* hingga 25 mL.
7. Sampel dipindahkan ke botol HDPE.
8. Sampel dipindahkan ke tabung autosampler.
9. Sampel siap untuk dianalisis.

c. Analisis Sampel

Sampel akan dianalisis menggunakan alat ICP-OES (*Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometry*). Sampel dimasukkan ke alat ICP-OES kemudian memilih logam Fe pada layar komputer untuk logam yang akan dianalisis dan ditunggu hingga proses selesai. Selanjutnya akan dihitung persentase efektivitas pengurangan konsentrasi Fe dengan persamaan menurut Sidek *et al.* (2018) :

$$\text{Pengurangan Fe(\%)} = \frac{\text{Konsentrasi Fe Awal (ppm)} - \text{Konsentrasi Fe Akhir (ppm)}}{\text{Konsentrasi Fe Awal (ppm)}} \times 100\%$$

2. Faktor Biokonsentrasi

Faktor biokonsentrasi digunakan untuk memastikan konsentrasi Fe yang berkurang karena diserap oleh tanaman dari air. Nilai ini digunakan untuk mengukur kemampuan tanaman untuk mengakumulasi partikel logam Fe dengan hubungan konsentrasi Fe dalam air yang dihitung dengan persamaan menurut Ghosh dan Singh (2005) :

$$\text{Faktor Biokonsentrasi} = \frac{\text{Konsentrasi logam pada akar tanaman (ppm)}}{\text{Konsentrasi logam di air (ppm)}}$$

Semakin tinggi nilai faktor biokonsentrasinya maka akan semakin cocok tanaman tersebut untuk digunakan sebagai agen fitoremediasi (Blaylock *et al.*, 1997 dalam Ndimele *et al.*, 2014). Menurut Testi *et al.* (2019) nilai faktor biokonsentrasi <250 = Kemampuan Rendah; $1000 \geq$ faktor biokonsentrasi ≥ 250 = Kemampuan Sedang; Jika nilai faktor biokonsentrasi >1000 = Kemampuan Tinggi.

3. Faktor Translokasi

Setelah didapatkan konsentrasi Fe di air dan tanaman, faktor translokasi dihitung untuk mengevaluasi potensi eceng gondok sebagai agen fitoremediasi. Nilai ini menunjukkan kemampuan tanaman untuk mentransfer logam dari akar ke bagian batang dan daun, yang dihitung menggunakan rumus menurut Mellem *et al.*

(2012) :

$$\text{Faktor Translokasi} = \frac{\text{Konsentrasi logam di bagian tumbuhan (ppm)}}{\text{Konsentrasi logam di akar (ppm)}}$$

Logam yang diakumulasikan oleh tanaman akan banyak disimpan di akar jika nilai faktor translokasinya < 1 sehingga dapat dikatakan tanaman kurang mampu untuk mentransfer logam ke batang dan daun, sedangkan jika nilai faktor translokasinya > 1 maka dapat dikatakan bahwa tanaman mampu mentransfer logam yang ada di akar ke batang dan daun.

4. Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur selama penelitian yaitu suhu, pH, DO, amonia, nitrat, fosfat, dan kalium. Pengukuran suhu, pH, DO dilakukan pada setiap unit percobaan dengan frekuensi setiap dua kali sehari selama 21 hari dan pada awal sebelum percobaan dimulai, sedangkan amonia, nitrat, fosfat, dan kalium pada

awal dan akhir percobaan. Pengukuran suhu, pH, DO dilakukan secara langsung di tempat percobaan sedangkan amonia, nitrat, fosfat, dan kalium di laboratorium.

E. Rancangan Analisis

Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel, dan grafik serta diolah menggunakan program Microsoft Excel. Data pengaruh perlakuan terhadap parameter pengamatan (persentase penurunan Fe di air, faktor biokonsentrasi, dan faktor translokasi) dianalisis secara statistik menggunakan analisis varian (Anova) dengan tingkat kepercayaan 95%. Apabila hasil uji antar perlakuan berbeda nyata atau tolak H_0 ($F_{Hit} > F_{Tabel}$) maka akan dilakukan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan tingkat kepercayaan 95%. Untuk data parameter konsentrasi logam di tanaman, dan kualitas air akan di analisis secara deskriptif.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah :

1. Luas tutupan yang berbeda memberikan pengaruh terhadap penurunan konsentrasi Fe di air.
2. Luas tutupan yang berbeda memberikan pengaruh terhadap nilai faktor biokonsentrasi dan translokasi.
3. Konsentrasi Fe di akar < batang > daun dan penyerapan Fe perlakuan A < B > C.

B. Saran

Disarankan dapat mengaplikasikan luas tutupan 50% selama 21 hari pada proses fitoremediasi menggunakan eceng gondok untuk mereduksi logam Fe pada air eks galian pasir.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajayi, T. O., & Ogunbayo, A. O. 2012. Achieving Environmental Sustainability in Wastewater Treatment by Phytoremediation with Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Journal of Sustainable Development*, 5(7), 80.
- Ajibade, F.O., Adeniran, K.A., & Egbuna, C.K. 2013. Phytoremediation Efficiencies of Water Hyacinth in Removing Heavy Metals in Domestic Sewage (A Case Study of University of Ilorin, Nigeria). *The International Journal of Engineering and Science*, 2(12), 16-27.
- Annisa, W. & Subagio, H. 2016. Analisis Profil Pengaruh Bahan Organik Terhadap Konsentrasi Besi Ferro dan Serapannya di Lahan Rawa Pasang Surut. *Jurnal Informatika Pertanian*, 25(2), 241-248.
- Arnot, J.A., Frank, A.P.C., & Gobas. 2006. A Review of Bioconcentration Factor (BCF) and Bioaccumulation Factor (BAF) Assessments for Organic Chemicals in Aquatic Organisms. *Environmental Reviews*, 14(4), 257-297.
- Baldantoni, D., Cicutelli, A., Bellino, A., & Castiglione, S. 2014. Different Behaviours In Phytoremediation Capacity of Two Heavy Metal Tolerant Poplar Clones in Relation to Iron and Other Trace Elements. *Journal of Environmental Management*, 146, 94-99.
- Braunschweig, J., Bosch, J., & Meckenstock, R. U. 2013. Iron Oxide Nanoparticles in Geomicrobiology: From Biogeochemistry to Bioremediation. *New biotechnology*, 30(6), 793-802.
- Colombo, C., Palumbo, G., He, J.Z., Pinton, R., & Cesco, S. 2014. Review on iron Availability in Soil: Interaction of Fe Minerals, Plants, and Microbes. *Journal of Soils and Sediments*, 14(3), 538-548.
- Darmayanti, N.C.E., Manaf, A., & Briyatmoko, B. 2000. Identifikasi Kandungan Senyawa Kimia pada Pasir Mineral. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Bahan Magnet I*, 40-43.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Lampung. 2017. Kajian Pengembangan Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis sp.*) dan Ikan Patin (*Pangasius sp.*) di Bekas Galian Tambang Pasir Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur.

- Djo, Y.H.W., Suastuti, D.A., Suprihatin, I.E., & Sulihingtyas, W.D. 2017. Fitoremediasi Limbah Cair UPT Laboratorium Analitik Universitas Udayana Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Ditinjau dari Penurunan Nilai COD dan Kandungan Logam Berat Cu dan Cr. *Jurnal Media Sains*, 1(2), 63-70.
- Elisa, P., Sasmita, A., & Edward, H.S. 2016. Pengaruh Campuran Lempung dan Eceng Gondok Sebagai Adsorben untuk Penyisihan Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Warna pada Air Gambut. *JOM FTEKNIK*, 4(1), 1-8.
- España, J.S., Elena, G.T., Pamo, E.L., Amils, R., Ercilla, M.D., Pastor, E.S., & Martín-Úriz, P.S. 2008. Biogeochemistry of a Hyperacidic and Ultraconcentrated Pyrite Leachate in San Telmo Mine (Iberian Pyrite Belt, Spain). *Journal of Water Air Soil Pollution*, 194, 243-257.
- Gelyaman, G.D. 2018. Faktor-faktro yang Mempengaruhi Bioavalabilitas Besi bagi Tumbuhan. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 1(1), 17-19.
- Ghosh, M., & Singh, S. P. 2005. A Comparative Study of Cadmium Phytoextraction by Accumulator and Weed Species. *Environmental Pollution*, 133(2), 365-371.
- Giwa, A., Dufour, V., Al Marzooqi, F., Al Kaabi, M., & Hasan, S.W., 2017. Brine management methods: Recent innovations and current status. *Desalination* (407): 1-23.
- Gloria, C.R., Rahmila, R., & Syauqiah, I. 2016. *Adsorpsi Logam berat Fe²⁺ dalam larutan menggunakan Karbon Aktif dari Eceng Gondok*. Prosiding Seminar Nasional Industri Kimia dan Sumer Daya Alam Universitas Lambung Mangkurat.
- Gonzalez, N.A., & Guo, L. 2018. The Potensial of *Lemna minor* to Uptake Iron in Water. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 268-273.
- Gupta, P., Roy, S., Mahindrakar, A.B., 2012. Treatment of Water Using Water Hyacinth, Water Lettuce and Vetiver Grass – A Review. *Resources and Environment*, 2(5), 202-205.
- Haberl, R., & Langergraber, H. 2002. Constructed Wetland : A Chance to Solve Wastewater Problem In Developing Countries. *Wat Sci. Tecnol*, 40,11-17.
- Hardiani, H. 2009. Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. *Bioscience*, 44 (1), 27-40.
- Hasyim, N.A. 2016. Potensi Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Dalam Mereduksi Logam Berat Seng (Zn) Dari Perairan Danau Tempe

Kabupaten Wajo. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.

Hazrat, A., Ezzat, K., & Muhammad, A.S. 2013. Phytoremediation of Heavy Metals-Concepts and Applications. *Journal Chemosphere*, 91(7), 1-30.

Hidayati, N. 2013. Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 14(2), 75-82.

Hidayati, N. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. *Hayati Journal of Biosciences*, 12(1), 35-40.

Iakovleva, E., Mäkilä, E., Salonen, J., Sitarz, M., & Sillanpää, M. 2015. Industrial Products and Wastes as Adsorbents for Sulphate and Chloride Removal From Synthetic Alkaline Solution and Mine Process Water. *Chem. Eng. J.* (259), 364-371.

Irawanto, R., Damayanti, A., Tangahu, B.V., & Purwanti, I.F. 2015. Konsentrasi Logam Berat (Pb dan Cd) pada Bagian Tumbuhan Akuatik *Coix lacryma-jobi* (Jali). *Prosiding KPSDA*. 1(1), 139-146.

Jayaweera, M.W., Kasturiarachchi, J.C., Kularatne, R.K.A., Wijeyekoon, S.L.J. 2008. Contribution of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) Grown Under Different Nutrient Conditions to Fe-removal Mechanisms in Constructed Wetlands. *Journal of Enviromental Management*, (87), 450-460.

Khatri, N., Tyagi, S., & Rawtani, D. 2017. Recent Strategies for The Removal of Iron from Water: A Review. *Journal of Water Process Engineering*, 19, 291-304.

Kholidiyah, N. 2010. Respon Biologis Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solms) Sebagai Biomonitoring Pencemaran Logam Berat Cadmium (Cd) dan Plumbum (Pb) pada Sungai Pembuangan Lumpur Lapindo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo. *Disertasi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Kurniawan, A.K., & Surono, W. 2013. Model Reklamasi Tambang Rakyat Berwawasan Lingkungan: Tinjauan Atas Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batu Apung Ijobalit, Kabupaten Lombok Timur, Propinsi Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 9(3), 165-174.

Kusrinah, K., Nurhayati, A., & Hayati, N. 2016. Pelatihan dan Pendampingan Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Menjadi Pupuk Kompos Cair Untuk Mengurangi Pencemaran Air dan Meningkatkan Ekonomi Masyarakat Desa Karangimpul Kelurahan Kaligawe Kecamatan Gayamsari Kotamadya Semarang. *Jurnal Pemikiran Agama untuk Pemberdayaan*, 16(1), 27-48.

- Lewaru, S., Riyantini, I., & Mulyani, Y. 2012. Identifikasi Bakteri *Indigenous* Pereduksi Logam Berat Cr (VI) dengan Metode Lokeluler di Sungai Cikijing Rancaekek, Jawa Barat. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(4), 81-92.
- Lestari, S., Santoso, S., & Anggorowati, S. 2011. Efektivitas Eceng Gondok (*Echhornia crassipes*) Dalam Penyerapan Kadmium (Cd) pada *Leachate* TPA Gunung Tugel. *Jurnal Molekul*, 6(1), 25-29.
- Lissy, A.M.P.N, & Madhu, B.Dr.G. 2010. Removal of Heavy Metals from Waste Water Using Water Hyacinth. *In: Proc. of The International Conference on Advances in Civil Engineering*, 42-47.
- Londo, A.J. & Kushla, J.D. 2006. Soil pH and Tree Species Suitability in The South. *Southern Regional Extension Forestry*, (2), 1-5.
- Malik, A. 2017. Dampak Eksploitasi SDA Terhadap Kesejahteraan Masyarakat dalam Pandangan Etika Bisnis Islam (Studi Kasus Tambang Galian C di Kecamatan Pasir Sakti, Lampung Timur). *Jurnal NIZHAM*, 5(2), 58-76.
- Mangkoehardjo, S., & Samudro, G. 2010. *Fitoteknologi Terapan*. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Marini, Baja, S., & Sultan, I. 2014. Penerimaan Informasi Dampak Penambangan Pasir Bagi Kerusakan Lingkungan Hidup di Kalangan Penambang Pasir Ilegal di Das Jeneberang Kabupaten Gowa. *Jurnal Komunikasi KAREBA*, 3(2), 112-118.
- Mellem, J. J., Baijnath, H., & Odhav, B. 2012. Bioaccumulation of Cr, Hg, As, Pb, Cu and Ni with The Ability for Hyperaccumulation by *Amaranthus dubius*. *African Journal of Agricultural Research*, 7(4), 591-596.
- Mustofa, A. 2015. Kandungan Nitrat dan Pospat Sebagai Faktor Tingkat Kesuburan Perairan Pantai. *Jurnal DISPROTEK*, 6(1), 13-19.
- Mutmainnah, F., Arinafril, & Suheryanto. 2015. Fitoremediasi Logam Berat Timbal (Pb) dengan Menggunakan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica*. *Jurnal Penelitian Sains*, 17(3), 111-120.
- Ndimele, P.E. & Jimoh, A.A. 2011. Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.) in Phytoremediation of Heavy Metal Polluted Water of Ologe Lagoon, Lagos, Nigeria. *Research Journal of Environmental Sciences*, 5(5), 424-433.
- Parwin, R., & Karar, P.K. 2019. Phytoremediation of Kitchen Wastewater Using *Eichhornia crassipes*. *Journal of Environmental Engineering*, 145(6), 1-10.
- Pribadi, R. N., Zaman, B., & Purwono, P. 2016. Pengaruh Luas Penutupan Kiambang (*Salvinia molesta*) Terhadap Penurunan COD, Amonia, Nitrit, dan

Nitrat Pada Limbah Cair Domestik (Grey Water) Dengan Sistem Kontinyu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(4), 1-10.

Priyanto, B., & Prayitno, J. 2004. Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khusus Logam Berat. *Jurnal Informasi Fitoremediasi*.

Purwaningsih, I.S. 2009. Pengaruh Penambahan Nutrisi Terhadap Efektifitas Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Limbah Orto-Klorofenol. *Jurnal Rekayasa Proses*, 3(1), 5-9.

Putri, A. D., Sudiarmo, & Islami, T. 2013. Pengaruh Komposisi Media Tanam pada Teknik *Bud Chip* Tiga Varietas Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(1), 16-23.

Ramadan, T.M., M.G. Abdelsalam, & R.J. Stern. 2011. Mapping gold-bearing Massive Sulfide Deposits in The Neoproterozoic Allaqi Suture Southeast Egypt with Landsat TM and SIR-C/X SAR Image. *J. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 67, 491-497.

Ratnawati, Sumarno, & Nugroho, A. 2010. Konversi Elektrokimia Amonia Menjadi Hidrogen. *Jurnal Teknik*, 31(2), 98-101.

Rezania, S., Ponraj, M., Talaiekhosani, A., Mohamad, S.E., Din, M.F.M., Taib, S.M., Sabbagh, F., & Sairan, F.Md. 2015. Perspectives of Phytoremediation Using Water Hyacinth for Removal of Heavy Metals, Organic And Inorganic Pollutants In Wastewater. *Journal of Enviromental Management*, (163), 125-133.

Romiyanto, Barus, B., & Sudadi, U., 2015. Model Spasial Kerusakan Lahan dan pencemaran Air Akibat Kegiatan pertambangan Emas Tanpa Izin di Daerah Aliran Sungai Raya, Kalimantan Barat. *Jurnal Tanah Lingkungan*, 17(2), 47-53.

Rondonuwu, S.B. 2014. Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman dan Sistem Reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains*, 14(1), 52-59.

Runtti, H., Tynjälä, P., Tuomikoski, S., Kangas, T., Hu, T., Rämö, J., & Lassi, U. 2017. Utilisation of Barium-Modified Analcime in Sulfate Removal: Isotherms, Kinetics and Thermodynamics Studies. *J. Water Process. Eng.* (16), 319-328.

Said, N.I. 2010. Metoda Penghilangan Logam Merkuri di Dalam Air Limbah Industri. *Jurnal JAI*, 6(1), 11-23.

- Santoso, S. 2010. Efisiensi Eceng Gondok Dalam Penyisihan Bahan Organik pada Lindi TPA Gunung Tugel Purwokerto. *Jurnal Purifikasi*, 11(2), 163-170.
- Sidek, N.M., Abdullah, S.R.S., Ahmad, N.U., Draman, S.F.S., Rosli, M.M.M., Sanusi, M.F. 2018. Phytoremediation of Abandoned Mining Lake by Water Hyacinth and Water Lettuces in Constructed Wetlands. *Jurnal Teknologi*, 80(5), 87-93.
- Siswanto, B., Krisnayani, B. D., Utomo W. H. & Anderson, C. W. N. 2012. Rehabilitation of Artisanal Gold Mining Land in West Lombok, Indonesia: Characterization of Overburden and The Surrounding Soils. *Journal of Geology and Mining Research* 4(1), 1-7.
- Siswanto, D. 2009. Respon Pertumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) Jagung (*Zea mays* L.) dan Kacang Tolo (*Vigna sinensis* L.) terhadap Pencemar Timbal (Pb). Malang: Universitas Brawijaya.
- Suharno & Peni, R.S. 2012. Fungi Mikoriza Arbuskula: Potensi Teknologi Mikorizoremediasi Logam Berat dalam Rehabilitasi Lahan Tambang. *Jurnal Bioteknologi*, 10(1), 23-34.
- Suherman, D.W., Suryaningtyas, D.T., & Mulatsih, S. 2015. Dampak Penambangan Pasir Terhadap Kondisi Lahan dan Air di Kecamatan Sukaratu Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 5(2), 99-105.
- Syahputra, R. 2005. Fitoremediasi Logam Cu dan Zn Dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*. Mart Solms). *LOGIKA*. 2 (2). 57-62.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H.A. 2011. Analisis Variansi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Jurnal Info Teknik*, 12(1), 11-20.
- Tangahu, B.V., Abdullah, S.R.S., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., & Mukhlisin, M. 2011. A Review on Heavy Metal (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants Through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*, 2011, 31.
- Testi, E.G., Soenardjo, N., & Pramesti, R. 2019. Logam Pb pada *Avicennia marina* Forssk, 1844 (Angiosperms : Acanthaceae) di Lingkungan Air, Sedimen, di Pesisir Timur Semarang. *Journal of Marine Research*, 8(2), 211-217.
- Wahyuni, H., Sasongko, S.B., & Sasongko, D.P. 2013. Kandungan Logam berat pada Air, Sedimen, dan Plankton di Daerah Penambangan Masyarakat Desa Batu Belubang Kabupaten Bangka Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 489-494.

- Widyati, E. 2011. Potensi Tumbuhan Bawah Sebagai Akumulator Logam Berat Untuk Membantu Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang. *Mitra Hutan Tanaman*, 5(2), 47-56.
- Yudhistira, Hidayat, W.K., & Hadiyanto, A. 2011. Kajian Dampak Kerusakan Lingkungan Akibat Kegiatan Penambangan Pasir di Desa Keningar Daerah Kawasan Gunung Merapi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 9(2), 76-84.
- Yunus, R., & Prihatin, N.S. 2018. Fitoremediasi Fe dan Mn Air Asam Tambang Batubara dengan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dan Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) pada Sistem LBB di PT. JBG Kalimantan Selatan. *Jurnal Sainsmat*, 7(1), 73-85.