

PENGARUH TUMBUHAN KABOMBA (*Cabomba aquatica* Aubl.) TERHADAP KADAR LOGAM BESI (Fe) DAN TEMBAGA (Cu) LIMBAH CAIR LABORATORIUM KIMIA FMIPA UNTAN

Hanafi Afriza¹, Mukarlina², Diah Wulandari Rousdy³

¹⁾²⁾³⁾Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura

Email : john.hanafi@gmail.com

Abstrak

*Limbah laboratorium merupakan salah satu limbah yang mengandung beberapa bahan berbahaya seperti logam berat yang dihasilkan dari aktivitas laboratorium. Salah satu upaya untuk mengolah limbah laboratorium yaitu dengan fitoremediasi menggunakan tanaman Kabomba (*Cabomba aquatica* Aubl.) sebelum dibuang ke badan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan Kabomba (*Cabomba aquatica* Aubl.) dalam menurunkan kandungan logam berat Fe dan Cu dari limbah cair Laboratorium Kimia FMIPA Untan. Penelitian dilakukan pada bulan Juni sampai Agustus 2018 di Laboratorium Biologi, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap yang terdiri dari lima perlakuan konsentrasi limbah yaitu kontrol, 25%, 50%, 75%, 100%. Berdasarkan hasil penelitian, tumbuhan Kabomba (*Cabomba aquatica* Aubl.) mampu menyerap logam besi (Fe) lebih banyak dibandingkan dengan logam tembaga (Cu) dengan serapan tertinggi pada perlakuan konsentrasi 75%. Tumbuhan Kabomba dapat mengurangi kadar Fe dalam air limbah sebesar 56,61% dengan nilai penyerapan sebesar 144,87 mg/l.*

Kata kunci: *Kabomba (*Cabomba aquatica* Aubl.), limbah cair laboratorium, logam besi (Fe), logam tembaga (Cu)*

Abstract

*Laboratory liquid waste contains several hazardous materials such as heavy metals generated from laboratory activities. One of treatment method used to treat laboratory liquid waste is fitoremediation using Kabomba plants (*Cabomba aquatica* Aubl.). This research aims to determine the ability of Kabomba (*Cabomba aquatica*, Aubl.) to reduce the heavy metal content of liquid waste (Fe and Cu) from the Chemistry Laboratory of FMIPA Untan. This research used a Completely Randomized Design consisting of five treatments of waste concentration: control, 25%, 50%, 75%, 100%. Based on the results of the research, the Kabomba (*Cabomba aquatica*, Aubl.) plants was able to absorb more iron (Fe) than copper (Cu) metal with the highest concentration at the implementation of 75% concentration. Kabomba plants can reduce Fe contain in wastewater by 56.61% with an absorption value of 144.87 mg/l.*

Key Words : *Kabomba (*Cabomba aquatica* Aubl), Laboratory Liquid Waste, Iron (Fe), Copper (Cu).*

1. PENDAHULUAN

Laboratorium merupakan salah satu fasilitas yang digunakan untuk melakukan proses percobaan atau analisis kimia yang menghasilkan limbah. Limbah cair merupakan salah satu hasil produk sampingan yang dihasilkan oleh laboratorium dengan kandungan bahan-bahan berbahaya yang cukup tinggi, sehingga perlu melalui proses pengolahan sebelum dibuang ke badan air agar tidak mencemari lingkungan. Volume limbah cair yang dihasilkan oleh suatu laboratorium umumnya memang relatif sedikit, namun tercemar berat oleh berbagai jenis bahan kimia toksik. Unsur-unsur berbahaya yang sebagian besar terdapat dalam limbah cair laboratorium adalah logam berat, seperti besi (Fe), mangan (Mn), krom (Cr), dan merkuri (Hg) (Hartini dan Yuantari, 2011). Berdasarkan sifat dan karakteristiknya limbah cair laboratorium termasuk dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) (Suprihatin dan Siswi, 2010).

Jurusan Kimia FMIPA Untan mempunyai lima laboratorium dan belum memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Selama tahun 2002-2017 air limbah laboratorium Jurusan Kimia FMIPA Untan hanya disimpan di dalam wadah berupa drum besar berdasarkan sifatnya (asam, basa, organik dan logam) tanpa pengolahan lebih lanjut. Berdasarkan data hasil survei bulan Maret 2018, logam berat yang paling banyak dan sering digunakan adalah logam Fe dan Cu. Penelitian Audiana dkk., (2017) menyebutkan Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak rata-rata menghasilkan limbah cair dengan kandungan COD sebesar 611,4 mg/l, ion logam Fe^+ sebesar 19,4 mg/l dan ion Pb^{2+} sebesar 22,9 mg/l melebihi baku mutu standar.

Fitoremediasi merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dan menghilangkan kontaminan dengan menggunakan mikroorganisme atau tumbuhan (Melethia, 1996). Djo dkk.,(2017) dalam penelitiannya menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mampu menurunkan kandungan logam berat Cu dan Cr pada limbah cair UPT Laboratorium Analitik Universitas Udayana masing-masing sebesar 68,73% dan 42,40%. Kabomba (*C. aquatica*) merupakan salah satu tumbuhan air dari famili Cabombaceae yang bersifat *submerged* dengan batang dan daun terendam. Tumbuhan ini diduga memiliki potensial digunakan sebagai objek fitoremediasi dalam menstabilkan limbah logam. Hasil penelitian dari Othman dkk. (2015), menggunakan spesies kabomba (*C. furcata*) dengan paparan logam berat (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb) menunjukkan bahwa *C. furcata* merupakan bioindikator untuk logam besi (Fe) dan tembaga (Cu). Penelitian ini bertujuan untuk melihat

pengaruh tumbuhan kabomba (*Cabomba aquatica* Aubl.) terhadap kadar logam besi (Fe) dan tembaga (Cu) pada limbah cair laboratorium Kimia FMIPA UNTAN.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan konsentrasi limbah cair laboratorium, yaitu 0% (P1), 25% (P2), 50% (P3), 75% (P4) dan 100% (P5). Masing-masing perlakuan akan diulang sebanyak empat kali pengulangan sehingga diperoleh 20 unit percobaan.

2.2 Prosedur Kerja

Persiapan Tanaman Uji dan Media Uji

Tanaman uji Kabomba (*C. aquatica*) diambil dari lingkungan alaminya yaitu perairan Desa Rasau Jaya. Tanaman uji yang diperoleh diaklimasi selama 7 hari kemudian ditambahkan nutrisi dengan larutan pupuk hidroponik. Setelah masa aklimasi, tanaman dipilih pada bagian batang yang tiap ruasnya telah tumbuh akar, segar, tidak terdapat daun yang rusak atau menguning memiliki berat segar yang sama ± 100 gram untuk diaplikasikan pada perlakuan (Juswardi dkk., 2010). Media uji air limbah laboratorium ditempatkan dalam wadah plastik berisi 5 liter air limbah dan proses fitoremediasi dilakukan selama 10 hari.

2.3 Paramater Penelitian

Parameter yang akan diukur pada penelitian ini adalah faktor lingkungan meliputi pH media uji, berat basah (BB) dan berat kering (BK) tanaman uji. Pengukuran kadar besi (Fe) dan kadar tembaga (Cu) pada tanaman uji dan air limbah.

a. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) media uji diukur menggunakan pH meter dengan cara ujung pH meter dimasukkan ke dalam media uji dan tombol ditekan. Setelah angka konstan, angka dicatat.

b. Pengukuran Berat Basah dan Berat Kering Tanaman uji (*C. aquatica*)

Penimbangan berat basah tanaman uji dilakukan sebelum dan sesudah penelitian, dengan menimbang berat segar yang telah dibersihkan dan ditiriskan terlebih dahulu. Penimbangan berat kering tanaman uji dilakukan pada akhir pengamatan setelah dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C hingga mencapai berat yang konstan.

c. Pengukuran Kandungan Cu dan Fe pada Tanaman uji dan Air limbah

Pengukuran Kandungan besi (Fe) dan tembaga (Cu) pada Tanaman

Pengukuran kandungan tembaga (Cu) dan besi (Fe) tanaman uji (*C. aquatica*) yang dilakukan

di awal dan akhir penelitian untuk tiap perlakuan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (AAS). Sampel tanaman uji ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam tabung digesti. Kemudian ditambahkan 50 ml larutan asam nitrat pekat (HNO_3) dan 5 ml asam peklorat pekat (HClO_4), dibiarkan hingga 24 jam. Ekstrak sampel dipanaskan di dalam blok digesti dengan suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam kemudian suhu ditingkatkan menjadi $150\text{ }^\circ\text{C}$. Setelah uap kuning yang terdapat di blok digesti habis, suhu ditingkatkan lagi menjadi $200\text{ }^\circ\text{C}$. Destruksi selesai setelah ekstrak yang dipanaskan mengeluarkan asap berwarna putih. Setelah itu tabung diangkat dan dibiarkan dingin (Sulaeman dkk., 2005). Ekstrak yang telah dingin diencerkan dengan air bebas ion hingga volume tepat 50 ml dan dihomogenkan. Kandungan besi dan tembaga pada ekstrak diukur menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS). Hasil yang terbaca oleh AAS kemudian dilakukan perhitungan konsentrasi besi dan tembaga yang terkandung (Balai Penelitian Tanah, 2005).

d. Pengukuran Kandungan Cu dan Fe pada air limbah

Pengukuran kandungan Cu dan Fe pada air limbah dilakukan pada hari pertama dan terakhir penelitian menggunakan metode spektrofotometri. Sampel air dipipet sebanyak 50 ml ke dalam Erlenmeyer, kemudian ditambahkan 5 ml HNO_3 pekat. Campuran dipanaskan, sampai volumenya menjadi 15 ml – 20 ml. Kemudian diencerkan dengan akuades hingga volume tertentu, digojok hingga homogen dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang pada panjang gelombang 248,3 nm (SNI 6989.4-2009).

Analisa konsentrasi Cu menggunakan metode Spektrofotometri. Sampel air dipipet sebanyak 50 ml ke dalam Erlenmeyer, kemudian ditambahkan 5 ml HNO_3 pekat. Campuran dipanaskan, sampai volumenya menjadi 15 ml – 20 ml. Kemudian diencerkan dengan akuades hingga volume tertentu, dihomogenkan dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang pada panjang gelombang 324,7 nm (SNI 6989.4-2009)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Derajat keasaman (pH) limbah cair laboratorium pada hari pertama perlakuan (0 hari) berada pada kisaran 2,5 -5,8, dan mengalami penurunan pada hari ke-10 dengan kisaran 1,1 -5,5 (Tabel 1). Hasil analisis data menunjukkan bahwa logam besi (Fe) dan tembaga (Cu) pada tingkat konsentrasi yang berbeda berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan kabomba (*C. aquatica*) pada parameter berat basah ($F_{4,14}=3.558$, $p= 0,047$; Anova) dan berat kering ($F_{4,14}= 3.444$, $p = 0,051$) (Tabel 2).

Tabel 1. Rerata Derajat Keasaman (pH) limbah cair laboratorium setelah 10 hari perlakuan

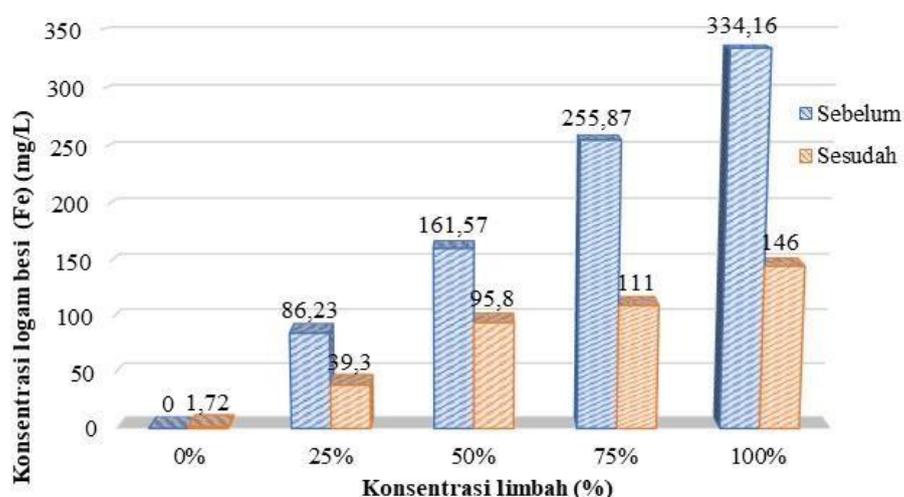
Konsentrasi Perlakuan (%)	pH awal	pH akhir
0	5,8	5,5
25	3,1	1,9
50	2,95	1,6
75	2,7	1,6
100	2,5	1,4

Berat basah kabomba pada limbah 25%, 50%, 75% tidak berbeda nyata dengan kontrol. Konsentrasi 100% menunjukkan hasil berat basah yang berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 2). Rerata berat kering konsentrasi 25% dan 50% tidak berbeda nyata dengan kontrol. Konsentrasi 75% dan 100% berbeda nyata dengan kontrol.

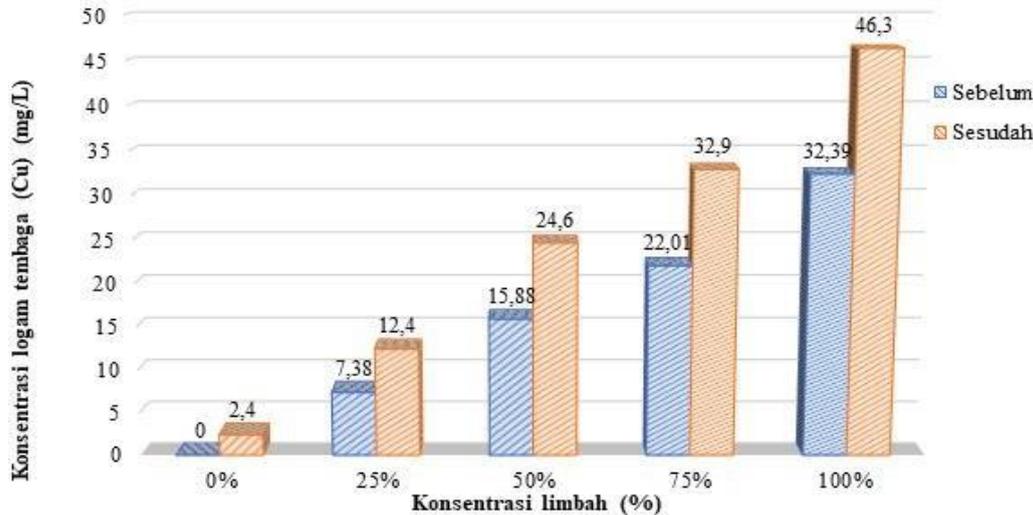
Tabel 2. Rerata Berat Basah dan Berat Kering *C. aquatica* pada Setiap Konsentrasi Limbah Cair Laboratorium.

Konsentrasi (%)	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)
0	90,56±4,73 ^b	30,25±4,44 ^b
25	78,53±10,40 ^b	27,16±1,58 ^{ab}
50	73,32±9,5 ^{ab}	25,45±1,71 ^{ab}
75	73,44±19,63 ^{ab}	24,85±2,04 ^a
100	53,87±11,49 ^a	22,72±2,27 ^a

Konsentrasi kandungan logam besi (Fe) pada semua konsentrasi limbah cair laboratorium mengalami penurunan setelah diberi perlakuan dengan kabomba (*C. aquatica*), konsentrasi 75% mengalami penurunan tertinggi sebesar 56,61% (Gambar 1).

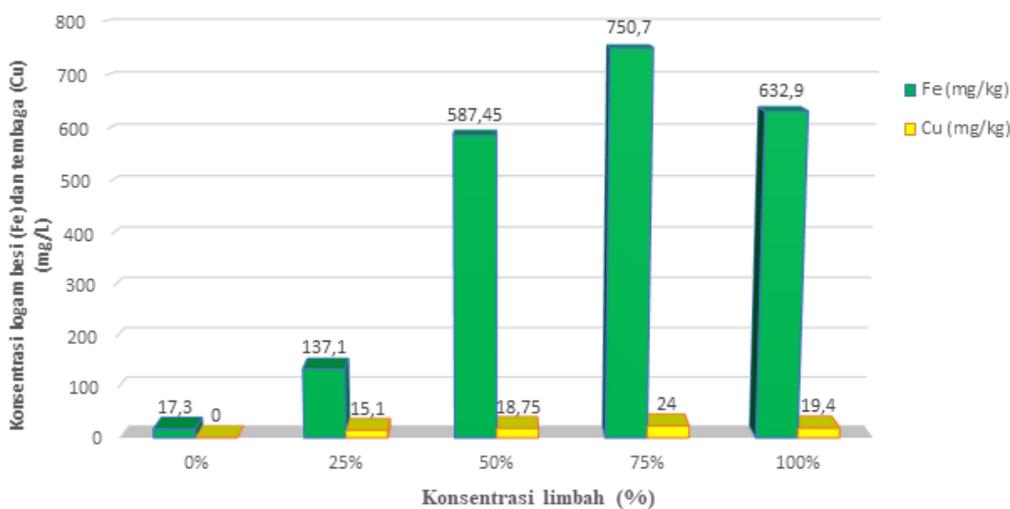
**Gambar 1.** Grafik Konsentrasi Logam Besi (Fe) pada limbah cair laboratorium sebelum dan sesudah perlakuan dengan kabomba (*C. aquatica*).

Kandungan logam tembaga (Cu) pada limbah cair laboratorium mengalami kenaikan setelah perlakuan dengan tumbuhan kabomba (*C. aquatica*). Konsentrasi 75% mengalami kenaikan tekecil sebesar 49,52%. (Gambar 2)



Gambar 2. Grafik Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) pada limbah cair laboratorium sebelum dan sesudah perlakuan dengan kabomba (*C. aquatica*).

Kandungan logam besi dan tembaga tertinggi yang mampu diserap oleh kabomba (*C. aquatica*) diperoleh pada konsentrasi perlakuan 75% dengan masing-masing nilai serapan sebesar 750,7 mg/kg dan 24 mg/kg. (Gambar 3)



Gambar 3. Grafik Konsentrasi kandungan logam besi dan tembaga pada kabomba (*C. aquatica*) sesudah perlakuan 10 hari.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa logam besi (Fe) dan tembaga (Cu) pada tingkat konsentrasi yang berbeda berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan kabomba (*C. aquatica*) pada parameter berat basah ($F_{4,14}=3.558, p= 0,047$; Anova) dan berat kering ($F_{4,14}= 3.444, p= 0, 051$). pengukuran awal logam besi dan tembaga yang terkandung pada limbah cair laboratorium sangat tinggi dengan nilai 334,16 dan 32,39 mg/L (Gambar 1). Nilai logam besi dan tembaga tersebut menunjukkan belum memenuhi standar baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 yaitu 10 mg/L dan 3 mg/L. Setelah perlakuan selama 10 hari menggunakan tumbuhan kabomba (*C. aquatica*) logam besi mengalami penurunan namun konsentrasi logam tembaga mengalami kenaikan (Gambar 1 dan Gambar 2). Hasil tersebut mengindikasikan bahwa tumbuhan kabomba (*C. aquatica*) dapat menurunkan konsentrasi logam besi (Fe) lebih baik dibandingkan dengan logam tembaga (Cu). Konsentrasi logam besi pada semua perlakuan menurun dengan persentase penurunan tertinggi pada konsentrasi 75% sebesar 56,61% dengan nilai 255,87-334,16 mg/L (Gambar 1).

Hasil pengukuran awal logam besi dan tembaga yang terkandung pada limbah cair laboratorium sangat tinggi dengan nilai 334,16 dan 32,39 mg/L (Gambar 1). Nilai logam besi dan tembaga tersebut menunjukkan belum memenuhi standar baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 yaitu 10 mg/L dan 3 mg/L. Setelah perlakuan selama 10 hari menggunakan tumbuhan kabomba (*C. aquatica*) logam besi mengalami penurunan namun konsentrasi logam tembaga mengalami kenaikan (Gambar 1 dan Gambar 2). Hasil tersebut mengindikasikan bahwa tumbuhan kabomba (*C. aquatica*) dapat menurunkan konsentrasi logam besi (Fe) lebih baik dibandingkan dengan logam tembaga (Cu). Konsentrasi logam besi pada semua perlakuan menurun dengan persentase penurunan tertinggi pada konsentrasi 75% sebesar 56,61% dengan nilai 255,87-334,16 mg/L (Gambar 1). Penurunan kandungan logam besi pada limbah diduga berkaitan dengan nilai pH limbah yang rendah. Tingkat pH yang rendah pada limbah dapat mendorong kelarutan logam berat dan mengakibatkan logam Fe sehingga tersedia cukup banyak untuk kemudian diserap oleh tumbuhan kabomba (*C. aquatica*). Air dengan pH rendah umumnya mengandung karbondioksida yang relatif tinggi dan kadar oksigen terlarut yang rendah sehingga terbentuk suasana anaerob. Kondisi tersebut menyebabkan ferri karbonat akan larut sehingga terjadi peningkatan konsentrasi besi ferro (Fe) di perairan. Besi ferro yang terlarut dalam air limbah sesuai dengan kebutuhan hara tanaman uji dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan, tetapi apabila reduksi berlebih maka besi tersebut dapat larut melebihi dari kebutuhan tanaman,

sehingga mengakibatkan keracunan tanaman (Syafuruddin, 2011).

Hasil berbeda didapatkan oleh Djo dkk., (2017) dalam penelitiannya menggunakan tumbuhan air mengambang eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang mampu menurunkan kadar Cu dalam limbah laboratorium sebesar 68,73%. Kemampuan eceng gondok dalam menyerap pencemar disebabkan oleh akarnya yang bercabang-cabang halus, yang digunakan oleh mikroorganisme sebagai tempat pertumbuhan. Seperti yang telah diketahui bahwa tumbuhan menyerap logam-logam yang larut air melalui akar, dalam akar tanaman melakukan mekanisme perubahan pH dan membentuk suatu zat khelat yang disebut fitosiderator. Fitosiderator akan mengikat logam seperti Cu dan membawanya ke dalam sel akar, selanjutnya diangkut melalui jaringan xylem dan floem ke bagian lain yaitu tangkai dan daun. Berbeda dengan tumbuhan air mengambang seperti eceng gondok yang memiliki akar yang panjang, pada *C. aquatica* akarnya telah mengalami reduksi sehingga ukurannya menjadi lebih kecil dan sedikit. Basiouny dkk., (1977) menyatakan bahwa tumbuhan air submerged mengalami degenerasi yang terjadinya reduksi pada bagian akar, sehingga kemampuannya dalam menyerap logam menjadi terbatas.

Hopkins (2008) menyebutkan bahwa mekanisme penyerapan ion besi oleh tanaman terjadi melalui membran plasma dari sel epidermis akar akan menginduksi enzim pereduksi. ATP ase dalam sel- sel kortikal akar akan memompa proton yang membuat rhizosfer menjadi asam untuk membantu melarutkan Fe^{3+} . Pengasaman rhizosfer mendorong pelepasan khelat berupa asam kafeat yang bergerak ke bagian permukaan akar dimana besi Fe^{3+} akan direduksi menjadi besi Fe^{2+} . Perubahan besi Fe^{3+} menjadi besi Fe^{2+} menyebabkan suatu ligan spesifik akan melepas zat besi Fe^{2+} melalui membran plasma. Menurut Yeo dkk (1987) Fe^{2+} dapat masuk ke xilem baik secara simplas maupun apoplas atau melalui bagian akar yang rusak. Ion Fe^{2+} diangkut melalui xylem mengikuti aliran transpirasi menuju ruang- ruang antar sel. Besi fero (Fe^{2+}) dalam sel daun, bertindak sebagai katalisator pembentukan beberapa jenis oksigen aktif yang akan bersifat racun bagi sel (Marschner, 1995).

Penelitian Xue dkk. (2010) menyatakan bahwa Cu dapat langsung diserap oleh akar dan tunas tumbuhan akuatik Angiosperm. Akumulasi pada tunas lebih tinggi dari akar, karena 80% total biomassa dari tanaman air merupakan tunas. Cu akan diserap oleh akar dan tunas untuk ditranslokasikan dengan cepat ke jaringan lain. Tidak adanya kutin dan kutikula yang tipis pada permukaan abaksial daun juga sangat berperan dalam menyerap Cu. Hasil penelitian

menunjukkan penurunan berat basah dan berat kering (Tabel 2) terjadi seiring dengan meningkatnya konsentrasi besi dan tembaga pada air limbah. Berdasarkan hasil pengukuran berat basah pada *C. aquatica* peningkatan konsentrasi perlakuan sampai 75% yang tidak berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 2), mengindikasikan bahwa tumbuhan uji masih mampu mentolerir kondisi yang pada limbah. Namun pemberian konsentarsi perlakuan 100% menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan kontrol yang mengindikasi bahwa tumbuhan *C.aquatica* tidak lagi mampu mentolerir keadaan limbah. Selain itu hasil uji kandungan logam besi dan tembaga yang terkandung pada *C. aquatica* menunjukkan bahwa serapan tertinggi kedua unsur logam berada pada konsentrasi perlakuan 75% (Gambar 3). Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentarsi perlakuan 75% merupakan konsentrasi perlakuan terbaik yang dapat diaplikasi guna menyerap kedua unsur logam.

Hal berbeda di tunjukan pada hasil pengukuran bobot kering *C. aquatica* peningkatan konsentrasi perlakuan sampai 75% yang berbeda nyata dengan kontrol mengindikasi bahwa telah terjadinya terganggunya penyerapan unsur hara akibat dari masuknya logam besi dan tembaga kedalam *C. aquatica*. Penambahan konsentras akibat toksisitas besi pada beberapa penelitian berhubungan erat dengan tingginya akumulasi Fe^{2+} pada tanaman yang dapat menurunkan pertumbuhan tanaman (Mehraban *dkk.*, 2008). Peningkatan konsentrasi Fe^{2+} jaringan tanaman akan membatasi aktivitas fotosintesis tanaman (Mehraban *dkk.*, 2008). Hasil penelitian Audebert (2006) menunjukkan bahwa kandungan Fe yang tinggi dalam daun berpengaruh negatif terhadap laju fotosintesis. Kelebihan besi dalam daun menyebabkan terjadinya reaksi oksidasi senyawa fenol membentuk polifenol dan akan terakumulasi di daerah kloroplas pada daun. Radikal bebas pada akhirnya akan mengoksidasi klorofil sehingga aktifitas fotosintesis terhambat (Monteiro & Winterbourn 1988 dalam Amnal, 2009). Keller (2005), tanaman dapat mengakumulasi logam dalam jumlah yang besar tetapi berakibat pada pertumbuhannya sangat lambat atau biomasnya rendah karena efek fitotoksitas.

4. KESIMPULAN

Fitoremediasi merupakan salah satu metode pengolahan limbah cair dengan menggunakan tumbuhan. Pada penelitian ini dilakukan proses fitoremediasi untuk mengolah limbah laboratorium menggunakan tumbuhan kabomba (*C.aquatica*). Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tumbuhan kabomba (*C. aquatica*) mampu menurunkan kandungan Fe pada air limbah sebesar 56,61% pada konsentrasi 75% dengan nilai serapan 144,87 mg/L namun belum mampu menurunkan kandungan Cu pada air limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Amnal. (2009). Respon Fisiologi Beberapa Varietas Padi terhadap Cekaman Besi. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Audebert, A. (2006). Iron Toxicity in Rice Environmental Conditions and Symptoms. In: Iron Toxicity in Rice-based Systems in West Africa. *Cotonou: Africa Rice Center (WARDA)*, 18-32
- Audina, M., Apriani, I dan Kadaria, U. (2017). Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Teknik Lingkungan dengan Koagulasi dan Adsorpsi untuk Menurunkan COD, Fe dan Pb. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 5(1) : 1-10
- Balai Penelitian Tanah. (2005). Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, Dan Pupuk. Bogor: Pusat Penelitian dan Tanah Agroklimat. Departemen Pertanian
- Basiouny, F.M., Haller, W.T., Garrard, L.A., 1977. Evidence for root Fe nutrition in *Hydrilla verticillata* Royle. *Plant Soil*, 48, 621–627.
- Djo, YHW., Adhi, SD., Suprihatin, IE dan Dwijani, SW. (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. *J. Media Sains*, 1(2) : 63-70.
- Hartini E dan Yuantari MGC. (2011). Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulam Aum Sulfat dan Poly Alum Chloride di Laboratorium Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro Semarang. *Jurnal Dian*, 11(2):150-159.
- Hopkins, WG dan Hüner NPA. (2008). Introduction to Plant Physiology, 4th edition, New York, John Wiley & Sons Inc.
- Juswardi, E., Efendi, S dan Lilian, F. (2010). Pertumbuhan *Neptunia oleracea* Lour. pada limbah cair amoniak dari industri pupuk urea sebagai upaya pengembangan fitoremediasi. *Jurnal Penelitian Sains* , 13(1):17-20.
- Keller, C. (2005). Alternatives for Phytoextraction: Biomass plant versus hyperaccumulators. *Geophysic. Res. Abstract*, 7, 03285.
- Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. London (UK): Academic Press. Harcourt Brace dan Company.
- Mehraban, P., Zadeh AA, dan Sadeghipour, HR. (2008). Iron Toxicity in Rice (*Oriza sativa* L) Under Different Pottasium Nutrition. *Asean Journal of Plant Science*, 1-9
- Melithia, C. L.A. Jhonson, dan W. Amber. (1996). Ground Water Polution: In situ Biodegradation. [online] available at http://www.cee.vt.edu/program_areas/enviromental_teach/gwprimer/group1/ind/ex/html

- Othman MS, Lim EC & Mushrifah I. (2007). Water Quality Changes in Chini Lake. *Environ. Monit Assess*, 131: 279-292.
- SNI 6989.4:2009. Air dan Air Limbah - bagian 4: Cara Uji Besi (Fe) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala.
- Sulaeman, S dan Eviati. (2005). Analisis kimia tanah, tanaman, air dan pupuk. Bogor: Balai penelitian tanah dan pengembangan penelitian, Departemen Pertanian.
- Suprihatin dan Siswi, IN.(2010). Penyisihan Logam Berat dari Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi. *Makara Sains*,14, (1) : 44-50
- Syafruddin. (2011). Keracunan Besi Pada Tanaman Padi dan UpayanPengelolaannya ada Lahan Sawah. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Tengah. *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah*,3(1).
- Trisnawati, N, Manuaba, P dan Iryanti, ES. (2016). Fitodegradasi dengan Tanaman Pacing (*Speciosus cheilocostus*) untuk Menurunkan Kandungan Pb,Cd,dan Hg//Limbah Cair Laboratorium, *Jurnal Cakra Kimia*, 4 (1).
- Yeo, AE., Yeo, ME dan Flowers, TJ. (1987). The Contribution of an Apoplastic Pathway to Sodium Uptake by Rice Roots in Saline Conditions. *Journal of Experimental Botany*, 38 (7) : 1141–1153
- Xue ,P., Li ,G., Liu, W dan Yan, C. (2010). Copper Uptake and Translocation in a Submerged Aquatic Plant *Hydrilla Verticillata* (L.f.) Royle. *Chemosphere*, 81(9) : 1098–1103