

## Kemampuan *Azolla microphylla* dalam Menyerap Logam Berat Tembaga (Cu) pada Konsentrasi yang Berbeda

### *Ability of Azolla microphylla in Absorb Heavy Metal Copper (Cu) on Different Concentration*

Dini Dwi Nilamsari\*, Fida Rachmadiarti

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

\*e-mail: [Dinidwi280@gmail.com](mailto:Dinidwi280@gmail.com)

#### ABSTRAK

Logam berat merupakan polutan terbesar yang memengaruhi kualitas air. Teknik untuk memperbaiki kualitas perairan yang tercemar logam berat yaitu fitoremediasi menggunakan tumbuhan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai konsentrasi Cu terhadap kadar Cu dalam akar dan kadar klorofil dalam daun. Penelitian ini eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dan satu faktor perlakuan yaitu konsentrasi Cu sebesar 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm dan waktu detensi selama 10 hari. Data yang diperoleh berupa kadar Cu dalam akar dan kadar klorofil daun. Kadar Cu diuji menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) dan uji kadar klorofil menggunakan spektrofotometer. Analisis data menggunakan anava satu arah dilanjutkan dengan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan berbagai konsentrasi Cu berpengaruh terhadap kadar Cu dalam akar yaitu pada konsentrasi 15 ppm sebesar 4,138 ppm, serta berpengaruh pada kadar klorofil daun yaitu konsentrasi 15 ppm sebesar 2,424. Hasil penelitian membuktikan bahwa *A. microphylla* memiliki kemampuan untuk menyerap logam Cu.

**Kata kunci:** *Azolla microphylla*; tembaga (Cu); klorofil

#### ABSTRACT

Heavy metal is the largest pollutant affecting water quality. The technique to improve the quality of polluted waters of heavy metals is fitoremediation using aquatic plants. This research aimed to know the influence of various concentration of Cu on the level of Cu in root and chlorophyll content in leaf. The Cu content was tested using AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) and chlorophyll content tested using spectrophotometer. This was experimental research using Completely Randomized Design (RAL) with one treatment factor namely Cu concentration 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm and 15 ppm with detention time for 10 days. The data obtained were Cu content in roots and leaf chlorophyll content. The hypothesis test using one way anova followed by Duncan test. The results showed that Cu concentration had an effect on the level of Cu in root that was at 15 ppm concentration with mean of 4.138 ppm and also effect on chlorophyll content in leaves that was 15 ppm concentration with the lowest average 2.424. The results proved that *A. microphylla* had the ability to absorb Cu metal.

**Key words:** *Azolla microphylla*; Copper; chlorophyll

#### PENDAHULUAN

Pencemaran perairan di Indonesia banyak ditimbulkan akibat limbah domestik maupun dari limbah pabrik dan industri. Perkembangan suatu kota yang meningkat menyebabkan pencemaran air akibat limbah domestik juga otomatis semakin besar, karena adanya aktivitas manusia (Asmadi dan Suharno, 2012). Limbah industri juga menjadi sumber pencemaran air, hal ini dikarenakan semakin banyak industri akan menyebabkan peningkatan polutan yang berasal dari air limbah sisa industri yang tidak diolah terlebih dahulu (Agusetyadevy *et al.*, 2013).

Sumber pencemar air dapat berupa organik maupun anorganik. Salah satu sumber

pencemaran air anorganik yaitu logam berat. Logam berat adalah polutan terbesar yang mempengaruhi kualitas air, tanah, dan udara (Kaushik *et al.*, 2009). Salah satu logam berat yang memiliki efek toksik bagi makhluk hidup dalam jumlah yang tinggi adalah tembaga (Cu). Menurut PP No. 82 Tahun 2001 kadar baku mutu logam berat tembaga (Cu) di perairan sebesar 0,02 mg/L. Desratrityanti (2009) dalam penelitiannya menyatakan bahwa kadar Cu yang tinggi pada perairan menyebabkan perkembangan abnormal pada larva kerang hijau. Sekarwati *et al.*, (2015) menyatakan bahwa logam tembaga (Cu) dalam jumlah besar dapat menyebabkan rasa yang tidak enak di lidah, rusaknya organ hati, muntaber,

pusing kepala, anemia bahkan kematian, oleh sebab itu perlu dilakukan upaya pengolahan dan penanggulangan air yang tercemar limbah.

Pengolahan air diperlukan karena apabila air terkontaminasi polutan berupa logam berat maka akan bersifat permanen dan dalam jangka waktu lama akan berdampak pada rantai makanan (Vukovic *et al.*, 2011). Salah satu teknik pengolahan air yang tercemar limbah adalah teknik fitoremediasi. Fitoremediasi didefinisikan sebagai penggunaan tumbuhan untuk memperbaiki tanah, sedimen dan air yang terkontaminasi. Metode ini melibatkan penggunaan sistem perakaran tumbuhan yang memiliki kemampuan untuk translokasi, bio-akumulasi dan degradasi polutan (Dhir, 2013). Teknologi fitoremediasi merupakan sebuah teknologi pasif dalam hal transportasi kontaminan, dimana pergerakan kontaminan dalam air diinduksi oleh kecepatan penyerapan kontaminan oleh akar tumbuhan, dengan demikian efisiensi pembersihan kontaminan tergantung pada ekstensi akar tumbuhan di permukaan air (Putra *et al.*, 2015).

Tumbuhan air merupakan tumbuhan yang hidup pada media air. Tumbuhan air menyebar pada perairan air tawar, payau hingga air asin (laut). Tumbuhan air berdasarkan sifat dan posisi hidupnya di perairan dapat dibedakan menjadi 4 jenis yaitu; tumbuhan yang hidup pada tepi perairan (*marginal aquatic plant*), tumbuhan yang hidup pada permukaan air (*floating aquatic plant*), tumbuhan yang hidup melayang didalam air (*submerge aquatic plant*), dan tumbuhan yang hidup pada dasar perairan (*the deep aquatic plant*) (Guntur, 2008).

Tumbuhan yang digunakan yaitu tumbuhan air *Azolla microphylla*. *Azolla microphylla* merupakan tumbuhan jenis paku-pakuan dari genus *azolla* yang hidupnya mengapung di atas permukaan air (*floating plant*). Memiliki ciri morfologi yaitu berdaun tebal, berwarna hijau muda dengan tepian daun pucat, susunan daun tumpang tindih, membentuk gugusan dengan ketebalan 1cm-3cm, dan memiliki spora dalam jumlah banyak (Djojowito, 2008). Tumbuhan ini dipilih karena memiliki kemampuan menyerap logam berat dengan baik (Arora *et al.*, 2006).

Tumbuhan yang mampu menyerap logam berat akan mengalami perubahan secara fisiologis, salah satu perubahan fisiologis yang terjadi dapat dilihat pada kadar klorofil daun tumbuhan. Pada tumbuhan air yang memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat dan mengakumulasi di dalam jaringan tubuhnya akan berpengaruh terhadap kadar pigmen klorofil. Sembiring dan

Sulistiyawati (2006) dalam penelitiannya menyatakan bahwa kadar klorofil daun *Swietenia macrophylla* mengalami penurunan seiring dengan kadar Cu yang meningkat.

Penelitian tentang fitoremediasi logam berat telah banyak dilakukan di antaranya oleh Munajad (2015) yang menggunakan eceng gondok untuk menurunkan kadar fosfat, Widiarso (2012) tentang tumbuhan *Salvinia molesta* sebagai fitoremediator perairan yang tercemar nikel, Wulandari *et al.*, (2014) tentang penyerapan logam kadmium oleh tumbuhan kangkung air. Namun penelitian fitoremediasi menggunakan *A. microphylla* untuk menyerap logam tembaga (Cu) belum pernah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai konsentrasi Cu terhadap kadar Cu dalam akar dan kadar klorofil dalam daun. Penelitian ini diharapkan mampu memperbaiki kualitas perairan yang tercemar logam berat terutama logam tembaga (Cu).

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2017-April 2018. Tempat penelitian dilakukan di *Green House* Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya. Uji kadar klorofil daun dilakukan di Laboratorium Fisiologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, dan uji kadar tembaga (Cu) dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Negeri Surabaya.

Sasaran penelitian ini adalah *Azolla microphylla* yang diperoleh dari sungai Tawangsari, Taman, Sidoarjo sebagai agen fitoremediator penyerap Cu pada media tanam dan logam berat tembaga (Cu) pada media tanam dengan konsentrasi 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan pengulangan sebanyak 3 kali dan dihasilkan 12 perlakuan.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tumbuhan *A. microphylla*, logam berat  $\text{Cu}(\text{SO})_4$  dengan konsentrasi 0ppm, 5ppm, 10ppm, dan 15ppm, akuades, akuademin, larutan *Hoagland*, alkohol 95%, dan larutan  $\text{HNO}_3$ . Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuarium ukuran  $p \times l \times t = 35\text{cm} \times 20\text{cm} \times 25\text{cm}$ , kertas label, gunting, gelas ukur 1000 ml, botol sampel, *hot plate*, *beaker glass* 100 ml, plastik klip, pipet tetes, pH pen, spuilit 2 ml, luxmeter, termometer air, neraca digital, mortal dan alu, spektrofotometer, kertas saring, *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

Prosedur penelitian ini dimulai dengan **tahap persiapan** yaitu aklimatisasi tumbuhan selama 7 hari, persiapan media tanam dan uji kadar klorofil awal daun *A. microphylla* dilanjutkan dengan **tahap perlakuan** tumbuhan ditimbang seberat 100 gram kemudian dipaparkan pada media sebanyak 5 liter akuades dan larutan *Hoagland* sebanyak 20% dari media dengan konsentrasi logam Cu sebesar 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm selama 10 hari. **Parameter fisik** berupa pengukuran pH, suhu dan intensitas cahaya dilakukan setiap hari. Setelah 10 hari perlakuan, dilakukan proses destruksi akar *A. microphylla* dan uji kadar klorofil akhir *A. microphylla*.

**Uji kadar klorofil** *A. microphylla* dilakukan dengan menimbang daun sebanyak 1 gram. Daun dipotong kecil-kecil dan digerus atau ditumbuk dengan menggunakan mortal dan alu porselin hingga halus. Alkohol 95% ditambahkan ke dalam ekstrak yang sudah dihaluskan sampai volume akhir 100 ml, kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring dan akan dihasilkan filtrat. Alkohol 95% ditambahkan kembali hingga volume mencapai 100 ml. Kadar klorofil diukur dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 649 nm dan 665 nm. *Optical Density* filtrate dicatat dan dihitung kadar klorofil daun *A. microphylla* dengan menggunakan rumus *Wintermans* dan *De Mots* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Klorofil A} &: 13,7 \text{ OD } 665 - 5,76 \text{ OD } 649 \text{ (mg/l)} \\ \text{Klorofil B} &: 25,8 \text{ OD } 649 - 7,60 \text{ OD } 665 \text{ (mg/l)} \\ \text{Klorofil total} &: 20,0 \times \text{OD } 649 + 6,1 \text{ OD } \\ & \quad 665 \text{ (mg/l)} \end{aligned}$$

**Destruksi akar** *A. microphylla* dilakukan dengan mengambil 2 gram sampel akar tumbuhan dan di *furnice* pada suhu 700°C sampai jadi abu. Bubuk abu akar didestruksi dengan menambahkan HNO<sub>3</sub> pekat sebanyak 2 ml dan akuademin sebanyak 10 ml, kemudian dipanaskan sampai volume berkurang. HNO<sub>3</sub> pekat ditambahkan sebanyak 2 ml dan akuademin sebanyak 10 ml. Selanjutnya disaring menggunakan kertas saring, dan sampel siap diuji. **Tahap analisis kandungan Cu** dalam akar dilakukan dengan menguji hasil destruksi sampel dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Selain itu dilakukan uji kadar klorofil akhir daun dan pengamatan morfologi *A. microphylla* pada akhir perlakuan. **Teknik analisis data** menggunakan uji hipotesis yaitu uji F (ANOVA) satu arah kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan.

## HASIL

Penyerapan Cu oleh *A. microphylla* pada konsentrasi yang berbeda menunjukkan hasil bahwa berbagai konsentrasi Cu berpengaruh terhadap kadar Cu dalam akar *A. microphylla* yaitu pada konsentrasi 15 ppm dengan rerata sebesar 2,424 ppm (Tabel 1).

Selain itu, berdasarkan uji statistik diketahui bahwa berbagai konsentrasi Cu berpengaruh pada kadar klorofil dalam daun *A. microphylla* yaitu pada konsentrasi 15 ppm dengan rerata terendah sebesar 4,138 (Tabel 2).

**Tabel 1.** Kadar Cu dalam akar *A. microphylla* pada berbagai konsentrasi Cu

Konsentrasi Cu (ppm)	Kadar Cu dalam akar (ppm)
0	0±0,000 <sup>a</sup>
5	0,871±0,257 <sup>ab</sup>
10	1,038±0,231 <sup>b</sup>
15	2,242±0,951 <sup>c</sup>

**Keterangan:** Angka yang diikuti notasi abjad yang berbeda pada baris dan kolom di atas menunjukkan bahwa data tersebut berbeda nyata menurut uji Duncan dengan taraf uji 0,05. Notasi huruf kecil menunjukkan konsentrasi Cu.

**Tabel 2.** Kadar klorofil daun *A. microphylla* setelah pemberian konsentrasi Cu yang berbeda

Konsentrasi Cu (ppm)	kadar klorofil dalam daun <i>A. microphylla</i>
0	5,678±0,134 <sup>c</sup>
5	5,498±0,158 <sup>c</sup>
10	5,187±0,144 <sup>b</sup>
15	4,138±0,651 <sup>a</sup>

**Keterangan:** Angka yang diikuti notasi abjad yang berbeda pada baris dan kolom di atas menunjukkan bahwa data tersebut berbeda nyata menurut uji DMRT dengan taraf uji 0,05. Notasi huruf kecil menunjukkan konsentrasi Cu.

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh berbagai konsentrasi Cu terhadap kadar Cu dalam akar dan kadar klorofil dalam daun. Penyerapan Cu oleh akar *A. microphylla* terbesar yaitu pada Konsentrasi 15 dengan rerata sebesar 2,424 ppm (Tabel 1). Penyerapan Cu terbesar terdapat pada organ akar dikarenakan akar bersentuhan langsung dengan media. Rachmadiarti *et al.*, (2012) menyatakan bahwa konsentrasi logam terbesar pada tumbuhan terdapat pada organ akar kemudian diikuti dengan organ daun. Penyerapan Cu pada konsentrasi 15 ppm terbesar karena besarnya konsentrasi pada media berbanding lurus dengan tingginya penyerapan logam oleh tumbuhan. Hal ini didukung oleh pernyataan Farnese *et al.*, (2014) bahwa kenaikan logam di dalam akar tumbuhan disebabkan oleh tingginya konsentrasi logam yang diberikan pada media tanam. Gusman *et al.*, (2013) menyatakan bahwa larutan dengan konsentrasi logam yang tinggi pada beberapa spesies tumbuhan menyebabkan akumulasi logam yang tinggi pada organ tumbuhan. Penelitian ini didukung oleh penelitian Baroroh *et al.*, (2018) dalam penelitiannya memperoleh hasil penyerapan Cu oleh *Pistia stratiotes* dan *salvinia molesta* pada konsentrasi 3 ppm dan 5 ppm, kadar tertinggi pada konsentrasi 5 ppm sebesar 1,26 ppm untuk *salvinia molesta* dan 1,17 ppm untuk *Pistia stratiotes*, presentase penurunan Cu dari kedua tumbuhan tersebut sebesar 25%.

Konsentrasi Cu selain berpengaruh terhadap kadar Cu dalam akar juga berpengaruh terhadap kadar klorofil dalam daun. Hasil penelitian menunjukkan rendahnya kadar klorofil daun pada *A. microphylla* seiring dengan bertambah besarnya konsentrasi Cu dalam media tanam (Tabel 2). Kadar klorofil terendah yaitu pada perlakuan konsentrasi 15 ppm dengan rerata sebesar 4,138. Kadar klorofil yang rendah merupakan efek fisiologis yang ditimbulkan oleh Cu. Novita *et al.*, (2012) menyatakan bahwa kadar klorofil total tumbuhan *Elodea canadensis* yang mampu menyerap logam berat Cu mengalami penurunan setelah perlakuan akibat pemberian waktu detensi yang berbeda. Cu merupakan mikronutrien yang dalam jumlah tertentu dibutuhkan tumbuhan untuk pertumbuhan, akan tetapi dalam jumlah yang tinggi dapat menimbulkan efek toksik bagi tumbuhan (Sbihi *et al.*, 2012). Efek toksik yang ditimbulkan Cu pada konsentrasi tinggi salah satunya merubah struktur klorofil yaitu rusaknya fungsi dan struktur kloroplas sehingga proses fotosintesis tidak dapat berlangsung optimal. Kloroplas merupakan organ

yang paling sensitif dengan logam berat (Pranajaya, 2014). Rendahnya kadar Klorofil pada daun *Azolla microphylla* dikarenakan jumlah Cu yang diserap tinggi, sehingga penyerapan unsur lainnya berkurang seperti unsur Mg dan Fe yang dibutuhkan tanaman untuk pembentukan klorofil (Riyono, 2007).

Data pendukung berupa kondisi morfologi tumbuhan dapat dilihat dari kondisi tumbuhan pada akhir perlakuan, organ tumbuhan yang diamati dalam hal ini adalah akar dan daun. Rosidah *et al.*, (2014) menjelaskan bahwa kondisi akar dan daun menjadi parameter respon fisiologis tumbuhan yang mengalami cekaman logam karena keberadaan logam berhubungan langsung dengan aktivitas sel dan metabolisme tumbuhan. Akar *A. microphylla* pada akhir perlakuan lebih rapuh dan mudah patah ketika disentuh pada konsentrasi 15 ppm. Hal ini dikarenakan akar merupakan organ pertama yang langsung bersentuhan dengan media yang mengandung logam, sehingga akumulasi logam pada akar lebih tinggi dan menyebabkan kerusakan pada struktur akar. Hasil ini didukung oleh penelitian Mardikaningtyas *et al.*, (2016) menggunakan tumbuhan eceng gondok yang diberikan perlakuan limbah yang mengandung logam berat, akar eceng gondok memiliki tekstur yang lunak dan rambut akar yang mudah rontok. Selain akar, daun juga dapat diamati sebagai parameter efek morfologis yang ditimbulkan oleh logam berat. Kondisi daun *A. microphylla* pada konsentrasi 15 ppm diakhir perlakuan terdapat beberapa daun yang berwarna kuning kecoklatan. Wulandari, (2012) dengan hasil morfologi daun bawang merah dengan perlakuan konsentrasi Cu yang berbeda menunjukkan adanya bintik-bintik kuning pada permukaan daunnya. Tumbuhan yang terpapar logam dalam kurun waktu tertentu akan mengalami klorosis akibat penghambatan sintesis klorofil (Caroline dan Guido, 2015). Meskipun mampu menyerap logam berat, *A. microphylla* masih mampu tumbuh dengan baik sampai konsentrasi tertentu, terbukti dengan adanya pertumbuhan selama perlakuan ditandai dengan tertutupnya permukaan media oleh *A. microphylla*.

Parameter faktor fisik pH pada awal penelitian rendah, dikarenakan adanya penambahan larutan logam pada media. Happy *et al.*, (2012) menyatakan bahwa kelarutan logam berat pada air lebih tinggi pada pH rendah, sehingga menyebabkan toksisitas logam berat semakin besar. pH media mengalami peningkatan selama perlakuan dari asam menuju netral. Arimby (2014) menyatakan peningkatan pH

dikarenakan adanya mekanisme penguraian bahan organik oleh mikroorganisme yang berasal dari akar tumbuhan. Mikroorganisme dapat menghasilkan ion OH<sup>-</sup> sehingga mampu meningkatkan pH yang semula asam menjadi netral (Akhmar, 2007). Selain itu suhu media relatif stabil yaitu sebesar 28-29°C. Suhu perairan dapat mempengaruhi kecepatan reaksi kimia dalam hal ini kelarutan logam dalam air, semakin tinggi suhu maka kelarutan logam dalam air menjadi semakin cepat (Amin *et al.*, 2011).

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat pengaruh berbagai konsentrasi Cu terhadap kadar Cu dalam akar dan kadar klorofil daun, yaitu pada konsentrasi 15 ppm dengan kadar Cu dalam akar sebesar 2,424 ppm dan kadar klorofil daun sebesar 4,138.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agusetyadevy I, Sri S, Endro S, 2013. Fitoremediasi Limbah yang Mengandung Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) dengan Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*). *Jurnal [Online]*. Diakses pada 02 September 2016.
- Akhmar MF, 2007. Pengaruh Kepadatan *Azolla* Pinata Terhadap Kualitas Fisik dan Kimia Limbah Cair Pabrik Tahu di Desa Bocek Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang. *Skripsi*. Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang.
- Amin B, Afriani E, Saputra MA, 2011. Distribusi Spasial Logam Pb dan Cu Pada Sedimen dan Air Laut Permukaan Di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Teknik Biologi*. 2(1): 1-8.
- Arimby C, 2014. Pemanfaatan *Azolla pinnata* R. Br dalam Penyerapan Zn dari Limbah Cair Pabrik Karet Sebagai Fitoremediator. *JOM FMIPA*. 1(2): 1-8.
- Arora A, Saxen S, Sharma DK, 2006. Tolerance and Phytoaccumulation of Chromium by three *Azolla* species. *World of Microbiology and Biotechnology*. 22: 97-100.
- Baroroh F, Eko H, Rony I, 2018. Fitoremediasi Air Tercemar Tembaga (Cu) Menggunakan *Salvinia Molesta* dan *Pistia Stratiotes* Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Tanaman *Brassica rapa*. *Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 5(1): 689-700. ISSN:2549-9793.
- Caroline J, Guido AM, 2015. Fitoremediasi Pb Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*. ISBN: 978-602-98569-1-0.
- Desratriyanti R, 2009. Toksisitas Kadmium (Cd) Dan Tembaga (Cu) Terhadap Perkembangan Embrio-Larva Kerang Hijau (*Perna Viridis*). *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Dhir B, 2013. *Phytoremediation: Role of aquatic plants in environmental clean-up*, Springer, New Delhi.
- Djojosuwito, 2000. *Azolla*. Pertanian organik dan multiguna. Penerbit kamsius. Yogyakarta.
- Farnese FS, Juraci AO, Mriana SF, Grasielle SG, Neidiquele MS, Luhan IS, 2014. Uptake Asenic By Plants: Effects On Mineral Nutrition, Growth And Antioxidant Capacity. *IDESIA*. 32: 99-106.
- Guntur Y, 2008. Bioremediasi Limbah Rumah Tangga dengan Sistem Simulasi Tumbuhan Air. *Bumi Lestari*. 8(2): 136-144.
- Gusman GS, Oliveira JA, Farnese, FS, Cambraia J, 2013. Arsenate and arsenite: the toxic effects on photosynthesis and growth of lettuce plants. *Acta Physiologiae Plantarum*. 35(4): 1201-1209.
- Happy A, Masyamsir, Yayat D, 2012. Distribusi Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Kolom Air dan Sedimen Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu. *Perikanan dan Kelautan* 3 (3): 175-182.
- Kaushik A, Kansal A, Santosh, Meena, Kumari S, Kaushik CP, 2009. Heavy Metal Contamination of River Yumanu, Haryana, India: Assessment by Metal Enrichment Factor of the Sediments. *Hazardous Materials*. 164: 265-270.
- Mardikaningtyas DA, Ibrohim, Endang S, 2016. Efektivitas Tanaman *Pistia stratiotes* dalam Menyerap Logam Berat Cadmium yang Terkandung dalam Limbah Cair Pengolahan Tepung Agar Ditinjau dari Akumulasi Logam di Organ Akar dan Daun. *Prosiding Seminar Nasional*. Kerjasama PSLK dan Universitas Muhammadiyah Malang.
- Munajad FY, 2015. Keefektifan Metode Fitoremediasi Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok Untuk Menurunkan Kadar *Phosphate* Limbah Rumah Sakit Pku Muhammadiyah Surakarta. *Publikasi Ilmiah*.
- Novita, Yuliani, Purnomo T, 2012. Penyerapan Logam Timbal (Pb) dan Kadar Klorofil *Elodea canadensis* pada Limbah Cair Pabrik Pulp dan Kertas. *LenteraBio*. 1(1):1-8.
- Pranajaya RH, Ali D, Bambang Y, 2014. Pengaruh Tembaga Terhadap Kandungan Pigmen dan Pertumbuhan Mikroalga Merah *Porphyridium cruentum*. *Ilmu Kelautan*. 19(2): 97-104. ISSN: 0853-7291.
- Putra RS, Fachri C, Desi N, 2015. Removal Of Lead And Copper From Contaminated Water Using EAPR System And Uptake By Water Lettuce (*Pistia stratiotes* L.). *Sciencedirect*. Procedia Chemistry 14 : 381 - 386.
- Rachmadiarti F, Soehono LA, Utomo WH, Yanuwiyadi B, Fallowfield H, 2012. Resistance of Yellow Velveatleaf (*Limncharis flava* (L.) Buch.) Exposed to Lead. *Applied Environmental and Biological Sciences*. 2(6): 210-215. ISSN: 2090-4274.
- Riyono dan Sumijo H, 2007. Beberapa sifat umum dari klorofil fitoplankton. *Oseana*. 32(1). ISSN: 0216-1877.
- Rosidah S, Anggraito YU, Pukan KK, 2014. Uji Toleransi Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) terhadap Cekaman Kadmium (Cd), Timbal (Pb)

- dan Tembaga (Cu) pada kultur cair. *Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. 37(1): 7-15.
- Sekarwati N, Bardi M, Sunarto, 2015. Dampak Logam Berat Cu (Tembaga) dan Ag (Perak) pada Limbah Cair Industri Perak terhadap Kualitas Air Sumur dan Kesehatan Masyarakat serta Upaya Pengendaliannya di Kota Gede Yogyakarta. *EKOSAINS*. 7(1).
- Sembiring E dan Sulistyawati, 2006. Akumulasi Pb dan Pengaruhnya pada Kondisi Daun *Swietenia macrophylla king*. *Makalah seminar nasional penelitian lingkungan ITB*. Bandung.
- Vuković Ž, Radenković M, Stanković SJ, Vuković D, 2011. Distribution and Accumulation of Heavy Metals in the Water and Sediments of the River Sava. *Serbian Chemical Society*. 76: 795-803.
- Wulandari R, Purnomo T, Winarsih, 2014. Kemampuan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) dalam Menyerap Logam Berat Kadmium (Cd) Berdasarkan Konsentrasi dan Waktu Pemaparan yang Berbeda. *LenteraBio*. 3(1): 83-89.
- Wulandari SN, 2012. Efek Tembaga (Cu) pada Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Bawang Merah. *Skripsi Online*. Fmipa Universitas Negeri Jember.