

**ANALISIS MORFOLOGI DAN ANATOMI AKAR KAYU APU  
(*Pistia stratiotes* L.) AKIBAT PEMBERIAN BERBAGAI  
KONSENTRASI KADMIUM (CD)**

**Anita Munawwaroh, Ardian Anjar Pangestuti**

Program Studi Pendidikan Biologi, FPIEK, IKIP Budi Utomo  
Jl. Citandui No. 46, Malang.  
email : [munawwarohanita86@gmail.com](mailto:munawwarohanita86@gmail.com) (087852629088)

**THE MORPHOLOGY AND ANATOMY ANALYSIS OF *Pistia stratiotes* L.  
ROOT DUE TO VARIOUS CONCENTRATIONS OF CADMIUM**

**ABSTRACT**

Heavy metal is a metal element that is dangerous and can cause pollution. One of the dangerous heavy metals is cadmium (Cd). Heavy metal pollution in waters can be solved by using aquatic plants. Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) is a hydrophyte that effectively absorbs and reduce the levels of various heavy metals such as Hg, Cd, Mn, Ag, Pb, Zn. So it is necessary to do research to determine the impact of various Cd concentrations on the morphology and anatomy of *Pistia stratiotes* L. root. This research used a Completely Randomized Design (CRD) with one factor, the factor is Cd concentration (0 ppm, 4 ppm, 8 ppm, and 12 ppm). Each treatment was repeated three times. The treatment was carried out for fourteen days with morphological parameters and root anatomy (Quantity of root trachea). The results showed that morphologically, plant roots that exposed to Cd metal had soft root texture and root hair was mostly broken. Anatomically, there are significant differences in each treatment of the number of trachea root. The higher concentration of metal Cd it is make the number of trachea is smaller. Differentiation the number of trachea is associated with the work of enzymes and hormones in the formation of trachea cells of the *Pistia stratiotes* L. root.

Keywords: morphology, anatomy, root, *Pistia stratiotes* L., metal Cd.

**ABSTRAK**

Logam berat merupakan unsur logam yang berbahaya dan dapat menimbulkan pencemaran. Salah satu logam berat yang berbahaya yaitu kadmium (Cd). Pencemaran logam berat dalam perairan dapat diatasi dengan menggunakan tumbuhan air. Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) merupakan tumbuhan air yang efektif menyerap dan menurunkan berbagai logam berat seperti Hg, Cd, Mn, Ag, Pb, Zn. Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui dampak berbagai konsentrasi Cd terhadap morfologi dan anatomi akar *Pistia stratiotes* L. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 1 faktor yaitu konsentrasi Cd (0 ppm, 4 ppm, 8 ppm, dan 12 ppm). Masing-masing perlakuan dilakukan

pengulangan 3 kali. Perlakuan dilaksanakan selama 14 hari dengan parameter morfologi dan anatomi akar (jumlah trakea akar). Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara morfologi, akar tumbuhan yang terpapar logam Cd mempunyai tekstur akar yang lunak dan rambut akar sebagian besar terputus. Secara anatomi, menunjukkan perbedaan yang nyata tiap perlakuan terhadap jumlah trakea akar. Dimana semakin tinggi logam Cd maka jumlah trakea semakin sedikit. Adanya perbedaan jumlah trakea tersebut berkaitan dengan kerja enzim dan hormon pada pembentukan sel-sel trakea akar *Pistia stratiotes* L.

Kata Kunci : morfologi, anatomi, akar, *Pistia stratiotes* L. logam Cd,

## **PENDAHULUAN**

Logam berat merupakan unsur logam yang berbahaya sehingga kontaminasi logam berat di lingkungan dapat menimbulkan pencemaran. Salah satu logam berat yang berbahaya yaitu kadmium (Cd). Logam Cd adalah bahan yang tidak lepas dari proses industri (misalnya industri minuman ringan, pengolahan daging, pencelupan tekstil, dll), dimana limbah dari industri tersebut dapat mencemari perairan lingkungan (Palar, 2008). Pencemaran logam berat dalam perairan dapat diatasi dengan menggunakan tumbuhan air. Tumbuhan air diketahui memiliki kemampuan menyerap hara yang terdapat dalam air baik berupa hara esensial maupun elemen-elemen lain, bahkan berbagai jenis polutan.

Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) merupakan tumbuhan air yang efektif menyerap dan menurunkan berbagai logam berat seperti Hg, Cd, Mn, Ag, Pb, Zn pada perairan sehingga dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi dalam memperbaiki kualitas suatu perairan yang tercemar (Ugya *et al*, 2015). Yulita (2006) dalam penelitiannya, menyebutkan bahwa *Pistia stratiotes* L. mampu menyerap Cd sebanyak 2,402 ppm dalam larutan yang mengandung Cd sebanyak 12 ppm. Akar *Pistia stratiotes* L. mempunyai peranan penting dalam proses penyerapan logam berat, karena akar memiliki kemampuan yang besar dalam menyerap logam berat dibandingkan bagian tubuh tumbuhan yang lain.

Penyerapan logam berat oleh tumbuhan air dilakukan pertama kali oleh akar, sebab bagian organ tumbuhan yang langsung berinteraksi dengan pencemar (limbah)

adalah bagian akar. Salah satu upaya tumbuhan dalam mengatasi bahan toksik dari lingkungan adalah dengan cara lokalisasi (intraseluler atau ekstraseluler) yang biasanya terjadi pada akar. Kadar logam berat yang tinggi dalam limbah akan merusak dan merubah susunan sel akar (Ashraf *et al*, 2010).

Tumbuhan yang hidup di lingkungan tercemar menunjukkan kemampuan adaptasi terutama dapat dilihat pada tipe struktur morfologi, anatomi, dan fisiologi (Fahn, 1991). Adaptasi tumbuhan tersebut secara morfologi misalnya dapat dilihat dari warna dan ukuran daun serta akar, secara anatomi tumbuhan memiliki struktur yang khusus seperti rafida dan kristal, sedangkan secara fisiologi tumbuhan memiliki kemampuan genetik untuk toleran atau tidak toleran terhadap unsur non esensial seperti logam berat (timbal, kadmium, aluminium, timah, dan sebagainya). Pada beberapa spesies, unsur tersebut hanya mampu diserap dalam jumlah terbatas sehingga lebih merupakan penghindaran daripada toleransi. Pada spesies tertentu, unsur tersebut tertimbun di akar dan dipindahkan sedikit saja ke bagian tubuh tumbuhan lainnya (Salisbury *et al*, 1995).

Penelitian yang dilakukan oleh Haryanti *et al* (2006) yang mengamati adaptasi morfologi, fisiologi dan anatomi eceng gondok di berbagai perairan tercemar menunjukkan bahwa morfologi akar tidak terpengaruh oleh limbah pencemar. Namun, untuk struktur anatomi penampang melintang akar menunjukkan bahwa logam berat dapat mereduksi bagian elemen trakea akar eceng gondok tersebut. Berdasarkan latar belakang tersebut perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui dampak logam Cd terhadap morfologi dan anatomi akar *Pistia stratiotes* L.

## **METODE PENELITIAN**

### ***Subjek Penelitian***

Tumbuhan *Pistia stratiotes* L. yang digunakan pada penelitian ini di ambil dari area persawahan di Jl. Silir Bakalan Krajan Malang. Tumbuhan yang digunakan adalah yang memiliki berat 15-25 gr.

### ***Prosedur Penelitian***

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor perlakuan, yaitu konsentrasi Cd yang terdiri dari empat tingkat yaitu 0 ppm, 4 ppm, 8 ppm, dan 12 ppm. Adapun prosedur penelitian sebagai berikut:

#### **Tahap persiapan dan pelaksanaan**

Mengambil sampel tanaman *Pistia stratiotes* L., kemudian dicuci untuk menghilangkan tanah maupun kotoran yang menempel sampai bersih. Menyiapkan larutan baku dengan cara menimbang 2,7445 gram  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dan dilarutkan dengan Akuades sampai volumenya 1000 ml (setara dengan 1000 ppm), selanjutnya membuat larutan Cd dengan konsentrasi 4 ppm, 8 ppm dan 12 ppm. Menyiapkan bak plastik dan masing-masing bak diisi dengan 5 liter air sumber yang telah diberi larutan  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dengan berbagai konsentrasi. Menghilangkan akar tanaman *Pistia stratiotes* L., kemudian meletakkan 3 buah tanaman pada masing-masing bak. Menunggu masa tanam selama 14 hari.

#### **Tahap pengujian**

Mengambil akar tanaman *Pistia stratiotes* L. (setiap tanaman diambil 3 akar) dan dimasukkan kedalam botol yang berisi larutan alkohol 70 %. Kemudian membuat preparat melintang akar dengan menggunakan metode parafin yang dilanjutkan dengan pewarnaan *safranin-fast green* (Budiono, 1992).

#### **Tahap Pengamatan**

Morfologi : Mengamati bentuk dan warna akar dengan membandingkan tiap perlakuan.

Anatomi : Membuat preparat akar dan mengamati jumlah trakea akar pada tiap perlakuan. Dimana pengamatan preparat dilakukan dengan perbesaran 40 x 10.

#### ***Analisis dan Interpretasi Data***

Hasil pengamatan morfologi dianalisis secara deskriptif kualitatif sedangkan untuk anatomi akar (jumlah trakea) dianalisis dengan menggunakan uji ANAVA satu arah untuk mengetahui perbedaan dari perlakuan pada taraf kepercayaan 95 % ( $\alpha=$

0,05). Jika perlakuan berbeda nyata, maka dilakukan uji lanjutan dengan menggunakan uji Duncan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Morfologi Akar

Perbedaan struktur morfologi akar terlihat antara perlakuan, ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Morfologi Akar *Pistia stratiotes* L. pada Medium dengan Berbagai Konsentrasi Cd. (1) Konsentrasi 0 ppm, (2) Konsentrasi 4 ppm, (3) Konsentrasi 8 ppm, (4) Konsentrasi 12 ppm. (Sumber: dokumentasi pribadi).

Pada Gambar 1 diketahui akar tumbuhan yang terpapar logam Cd (konsentrasi 4 ppm, 8 ppm dan 12 ppm ) terlihat berwarna gelap dibandingkan dengan akar tumbuhan yang tidak terpapar logam berat Cd (konsentrasi 0 ppm). Struktur akar pada tumbuhan yang tidak terpapar logam Cd terlihat bentuknya yang masih segar dan rambut akar yang lebat. Berbeda dengan tumbuhan yang terpapar logam Cd mempunyai tekstur akar yang lunak dan rambut akar sebagian besar terputus. Selain itu terlihat perbedaan jumlah akarnya, semakin besar konsentrasi logam Cd terlihat jumlah akar semakin sedikit. Terhambatnya pertumbuhan akar merupakan indikator besar tidaknya efek cekaman logam berat terhadap akar (Arduini *et al.*, 1995).

Tumbuhan memiliki beberapa mekanisme pertahanan terhadap cekaman logam berat. Pertahanan ini ditunjukkan dengan tidak terganggunya proses pertumbuhannya seperti, pertumbuhan akar, metabolisme fotosintesis dan lainnya. Menurut Cobbet (2000), mekanisme pertahanan tumbuhan terhadap logam berat antara lain; 1) pengkelatan logam berat yang dilakukan dengan produksi peptida pengkelat logam seperti fitokelatin dan metalothionein, 2) immobilisasi, dan 3) kompartementalisasi ion logam dalam vakuola.

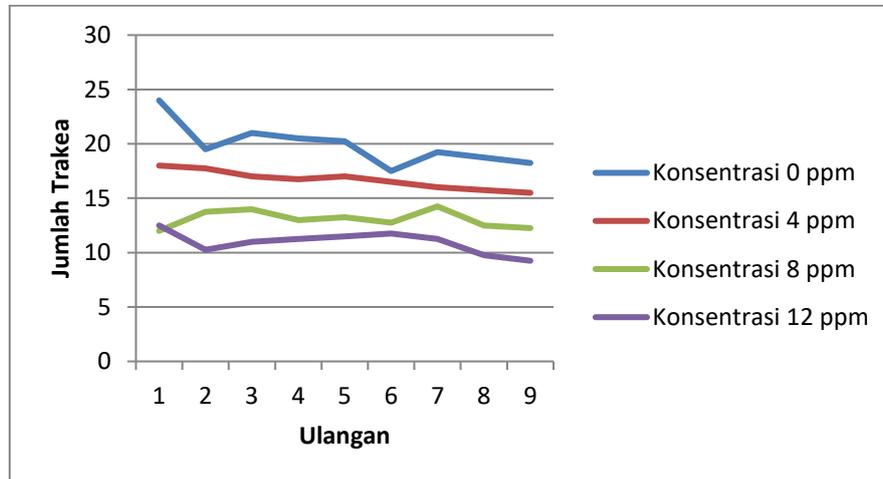
Secara umum cekaman logam berat menyebabkan kerusakan intra selular dan ekstra selular yang mengakibatkan gangguan pertumbuhan. Gangguan pertumbuhan yang ditunjukkan oleh parameter pertambahan panjang akar dan jumlah akar disebabkan oleh gangguan penyerapan mineral penting dan gangguan metabolisme dalam sel (Taiz & Zeiger, 2010). Logam Cd tidak memiliki fungsi biologis sehingga tidak memiliki transporter spesifik di dalam sel. Logam Cd menyebabkan beberapa abnormalitas seperti patahnya kromosom, terbentuknya jembatan anaphase dan lainnya (Zou *et al.* 2012).

Secara *in vitro* kehadiran Cd mempengaruhi keseimbangan hara mikro dan makro, sehingga cekaman Cd menyebabkan gangguan metabolisme yang menyebabkan menurunnya pertumbuhan akar. Terdapat beberapa transporter seperti *ATP-metal binding*, *NRAMP (Natural Resistance Associated Macrophase)* dan *ZIP (Zinc Transporter)* tidak hanya mampu mengikat mineral esensial seperti Fe dan Zn, namun juga dapat mengikat logam Cd. Pada saat cekaman, konsentrasi Cd yang melimpah menyebabkan selektivitas transporter menurun sehingga Cd memblokir pengikatan Fe dan Zn. Kehadiran Cd dalam akar menyebabkan degradasi sel yang mengakibatkan rusaknya sel. Dimana kerusakan tersebut disebabkan cekaman Cd yang mengganggu metabolisme sel penyerapan hara esensial (Kurtyka *et al.* 2008).

### **Anatomi Akar**

Struktur Anatomi akar yang diamati adalah pada bagian trakea akar. Trakea merupakan bagian jaringan xilem yang berfungsi sebagai jaringan pengangkut air dan hara mineral. Jumlah trakea akar pada konsentrasi Cd 0 ppm diperoleh lebih banyak

dibandingkan dengan jumlah trakea akar pada konsentrasi 4 ppm, 8 ppm dan 12 ppm (Gambar. 2).



Gambar 2. Grafik rerata jumlah trakea akar *Pistia stratiotes* L. akibat pemberian berbagai konsentrasi Cd.

Data jumlah trakea akar *Pistia stratiotes* L. yang diperoleh di analisis menggunakan uji ANAVA satu arah. Uji awal yang dilakukan adalah uji normalitas dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dan uji homogenitas dengan menggunakan uji *Levene Test*. Dari uji *Kolmogorov-Smirnov* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,728 dan uji *Levene Test* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,146. Nilai tersebut lebih besar dari  $\alpha = 0,05$  yang menunjukkan bahwa data berdistribusi normal dan homogen. Sehingga dapat dilanjutkan ke uji ANAVA satu arah.

Berdasarkan hasil uji ANAVA satu arah diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000, nilai tersebut lebih kecil dari  $\alpha = 0,05$  yang berarti ada pengaruh berbagai konsentrasi Cd terhadap jumlah trakea akar *Pistia stratiotes* L. Uji dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mengetahui beda antar perlakuan berbagai konsentrasi Cd terhadap jumlah trakea akar *Pistia stratiotes* L. Selanjutnya, diuji lanjut menggunakan uji Duncan terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rerata  $\pm$  standar deviasi jumlah trakea akar akibat pemberian berbagai konsentrasi Cd

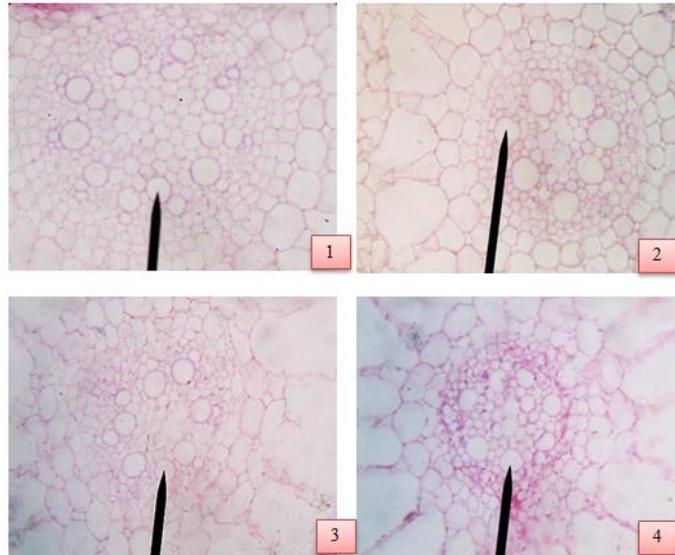
Perlakuan	Rerata $\pm$ standar deviasi jumlah trakea
Konsentrasi 0 ppm	19,89 $\pm$ 1,90 <sup>d</sup>
Konsentrasi 4 ppm	16,69 $\pm$ 0,85 <sup>c</sup>
Konsentrasi 8 ppm	13,08 $\pm$ 0,79 <sup>b</sup>
Konsentrasi 12 ppm	10,94 $\pm$ 1,02 <sup>a</sup>

Keterangan: Nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5 %

Pada Tabel 1 terlihat perbedaan rerata jumlah trakea akar *Pistia stratiotes* L., semakin tinggi konsentrasi Cd maka jumlah trakea semakin sedikit. Sedangkan berdasarkan hasil uji Duncan, terdapat perbedaan yang nyata tiap perlakuan terhadap jumlah trakea. Adanya perbedaan jumlah trakea tersebut berkaitan dengan kerja enzim dan hormon pada pembentukan sel-sel trakea akar *Pistia stratiotes* L. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya oleh Munawwaroh (2017), yang menunjukkan adanya pengaruh logam berat Cu terhadap jumlah trakea akar eceng gondok.

Mekanisme masuknya Cd ke dalam tumbuhan diawali dengan masuknya logam berat ke dalam sel akar, selanjutnya logam diangkut melalui jaringan pengangkut yaitu xilem. Translokasi Cd dilakukan melalui xilem sehingga akumulasi banyak ditemukan pada jaringan pengangkut (Liu *et al*, 2010). Tumbuhan pada saat menyerap logam berat akan membentuk suatu enzim reduktase di membran akarnya. Reduktase ini berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui jaringan pengangkut. Pada konsentrasi tinggi, logam berat akan menyebabkan kerusakan (Priyanto, 2012).

Kehadiran Cd dalam akar menyebabkan degradasi sel yang mengakibatkan rusaknya sel akar. Pada umumnya, Cd menurunkan toleransi tumbuhan terhadap stres air yang menyebabkan hilangnya tekanan turgor. Gangguan pada xilem oleh Cd mengakibatkan dinding sel mengalami degradasi karena menurunnya proses transpirasi (Prasad & Narashima, 1997). Selain itu, logam Cd juga berpengaruh terhadap proses pembentukan sel-sel trakea, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Trakea merupakan bagian dari jaringan xilem yang berfungsi sebagai jaringan pengangkut air dan hara mineral.



Gambar 1. Anatomi Akar *Pistia stratiotes* L. pada Medium dengan Berbagai Konsentrasi Cd. (1) Konsentrasi 0 ppm, (2) Konsentrasi 4 ppm, (3) Konsentrasi 8 ppm, (4) Konsentrasi 12 ppm. Bagian yang ditunjuk adalah trakea (Sumber: dokumentasi pribadi).

Gambar 1 memberikan informasi bahwa secara anatomi terlihat sel-sel trakea pada akar *Pistia stratiotes* L. mengalami gangguan dalam pembentukannya sehingga jumlah sel-sel trakea yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan dengan sel-sel trakea yang tidak teracuni logam Cd. Secara keseluruhan yang teracuni logam Cd, struktur sel-sel trakea ada yang rusak yang terlihat pada bagian dinding trakeanya yang tidak berbentuk bulat sempurna. Selain itu, terlihat kerusakan jaringan yang lain disekitar sel trakea.

Sel-sel trakea terbentuk melalui proses diferensiasi pada tingkat sel yaitu sel-sel prokambium yang merupakan hasil aktivitas dari meristem apeks (ujung). Pada proses diferensiasi sel, dipengaruhi oleh kerja gen yang akhirnya mengendalikan proses kimia dalam sel sehingga berpengaruh terhadap aktivitas hormon auksin dan sitokinin yang terlibat dalam proses diferensiasi sel-sel trakea. Proses pembentukan trakea diawali dengan terjadinya pembelahan sel, kemudian terjadi pembesaran sel dan dilanjutkan dengan diferensiasi sel. Sehingga terbentuk penebalan dinding ujung sel sekunder dan lignifikasi serta diikuti oleh larutnya dinding ujung sel yang kemudian terbentuklah struktur yang berbentuk seperti pipa panjang (Hidayat, 1995).

Pembentukan sel trakea membutuhkan peranan enzim. Enzim akan bekerja apabila terdapat substrat yang sesuai dan berikatan dengan sisi aktif enzim. Substrat yang berikatan dengan enzim akan menginduksi perubahan-perubahan dalam struktur sisi aktif enzim, sehingga fungsi katalis enzim dapat berlangsung efektif (Sasmitamihardja & Siregar, 1996). Namun, logam Cd yang masuk ke dalam sel akan berikatan dengan enzim. Dengan berikatannya logam Cd dengan enzim, maka fungsi enzim sebagai katalisator untuk reaksi-reaksi yang berlangsung di dalam sel mengalami gangguan. Sehingga mengakibatkan pembentukan sel trakea juga terganggu.

Pada kondisi stres, tumbuhan akan melepaskan fitosiderofor ke lingkungan dan mengikat logam yang dibutuhkan. Namun logam berat dapat bersaing dan berikatan dengan fitosiderofor tersebut, sehingga dapat masuk ke dalam tubuh tumbuhan (Hopkins & Huner, 2008). Respon fisiologis yang terjadi bila tanaman mengalami stres logam adalah terjadinya pembentukan protein stress (*phytochelatins*) karena adanya ion-ion logam yang memicu terjadinya reaksi ini (Wise, 2000). Respon lain adalah adanya perubahan aktivitas enzimatis. Aktivitas enzim terhambat oleh ion-ion logam berat, seperti  $Pb^{2+}$  yang menghambat *aminolaevulinic acid dehydratase*,  $Cd^{2+}$  yang menghambat kelompok enzim peroksidase dan Cu-enzim; serta arsen (As) yang menghambat kelompok enzim fosforilase. Sedangkan logam Cd menghambat pertumbuhan dengan memblokir hara Ca, mengganggu ekspansi dan pembelahan sel serta gangguan fotosintesis (Kurtyka *et al.* 2008; Zou *et al.* 2012). Respon terhadap logam juga terjadi pada terhambatnya pertumbuhan akar dan tajuk serta menurunnya laju transpirasi.

Perubahan morfologi, anatomi dan fisiologi dari tanaman fitoremediator disebabkan tanaman tersebut telah aktif menyerap logam berat yang ada di lingkungan dan berusaha untuk beradaptasi agar tetap hidup, namun perlu diingat bahwa Salah satu kelemahan fitoremediasi adalah sebaiknya diterapkan pada kondisi dengan tingkat pencemaran rendah dan konsentrasi polutannya tidak terlalu toksik atau rendah. Jika tanaman fitoremediasi ditanam dalam limbah dengan konsentrasi yang tinggi maka tanaman tidak dapat bertahan hidup dalam waktu yang lama dan efektivitasnya dalam menyerap logam juga rendah.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan pengamatan morfologi akar menunjukkan bahwa tumbuhan yang terpapar logam Cd mempunyai tekstur akar yang lunak dan rambut akar sebagian besar terputus. Sedangkan untuk pengamatan anatomi akar, menunjukkan adanya perbedaan yang nyata tiap perlakuan konsentrasi Cd (0 ppm, 4 ppm, 8 ppm dan 12 ppm) terhadap jumlah trakea akar. Dimana semakin tinggi konsentrasi Cd maka jumlah trakea semakin sedikit.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Arduini I, Godbold DL, Onnis A. 1995. "Influence of copper on root growth and morphology of *Pinus pinea* L. and *Pinus pinaster* Ait. seedlings". *Tree Physiol*, 15, 411-415.
- Ashraf M, Ozturk M, Ahmad MSA,. 2010. *Plant Adaptation and Phytoremediation*. New York: Springer.
- Budiono, Djoko. 1992. *Pembuatan Preparat Mikroskopis: Teori Dan Praktek*. Surabaya: Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan Institut Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Surabaya.
- Cobbet CS. 2000. "Phytochelatin and their roles in heavy metal detoxification". *Plant Physiol*, 123, 825–832.
- Fahn, A. 1991. *Anatomi Tumbuhan Edisi Ketiga*. Terjemahan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITB, Yogyakarta: UGM Press.
- Haryanti S, Hastuti RB, Hastuti ED, dan Nurchayati Y. 2006. "Adaptasi morfologi fisiologi dan anatomi eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solm) di berbagai perairan tercemar". *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 14 (2), 39-46
- Hidayat EB. 1995. *Anatomi Tumbuhan Berbiji*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Hopkins GW dan Huner NPA. 2008. *Introduction to Plant Physhiology, Fourth Edition*. Ontario: John Wiley & Sons, Inc.
- Kurtyka R, Małkowski E, Kita A, Karcz W. 2008. "Effect of calcium and cadmium on growth and accumulation of cadmium, calcium, potassium and sodium in maize seedlings". *Polish Environ Study* 17, 51-56.

- Liu X, Peng K, Wang A, Lian C, and Shen Z. 2010. "Cadmium accumulation and distribution in populations of *Phytolacca americana* L. and the role of transpiration". *Chemosphere*, 78 (9), 1136-1141.
- Munawwaroh A. 2017. "Pengaruh pemberian berbagai konsentrasi tembaga (Cu) terhadap jumlah trakea akar eceng gondok (*Eichhornia crassipes*)". *AGROMIX*, 10 (2), 1-8.
- Palar H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Prasad MRN. 1997. *Plant Ecophysiology*. Canada: John Wiley & Sons, Inc. Canada.
- Priyanto B. Prayitno J. 2012. "Fitoremediasi sebagai sebuah teknologi pemulihan pencemaran, khususnya logam berat". *Jurnal Informasi Fitoremediasi*.
- Salisbury, B. dan Cleon W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid III*. Terjemahan Diah R Lukman & Sumaryono. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sasmitamihardja D dan Siregar A. 1996. *Fisiologi Tumbuhan*. Bandung: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pendidikan Tenaga Akademik.
- Taiz L & Zeiger E. 2010. *Plant Physiology*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Ugya AY, Imam TS, Tahir SM. 2015. "The use of *Pistia stratiotes* to remove some heavy metals from Romi stream: A case study of Kaduna Refinery and Petrochemical company polluted stream". *IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol*, 9 : 48-51.
- Wise DL, Trantolo DJ, Cichon EJ., Inyang HI, and Stottmeister U (Ed). 2000. *Bioremediation of Cotaminated Soils*. New York: CRC Press
- Yulita AF. 2006. Kemampuan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* Linn.) dalam Menurunkan Kadar Cd Perairan. *Skripsi* tidak dipublikasikan. Surabaya: Jurusan Biologi UNESA.
- Zou J, Yue J, Jiang W, and Liu D. 2012. "Effects of cadmium stress on root tip cells and some physiological indexes in *Allium cepa* var. *agrogarum* L". *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 54 (1), 129-141.