

FITOREMEDIASI KADMIUM (CD) PADA *LEACHATE* MENGGUNAKAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica* Forsk.) (STUDI KASUS TPA JATIBARANG)

KN Zamhar[✉] NK Dewi

Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Februari 2015
Disetujui Maret 2015
Dipublikasikan April 2015

Keywords:

Cadmium phytoremediation;
leachate; TPA Jatibarang

Abstrak

Leachate TPA Jatibarang yang tercemar kadmium (Cd) kemungkinan dapat dibersihkan secara fitoremediasi menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk.). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan kangkung air sebagai fitoremediator dalam menyerap Cd dalam *leachate* TPA Jatibarang. Sebelum penelitian, dilakukan uji pendahuluan kandungan Cd dalam *leachate* maupun dalam kangkung air. Kangkung diaklimatisasi dalam air bersih selama 3 hari, selanjutnya ditimbang seberat 300 gram kemudian diletakkan ke dalam ember berisi 10 L *leachate*. Sampel *leachate* dan organ tanaman diambil setiap 2 hari sekali (2 hari, 4 hari, 6 hari, dan 8 hari). Faktor intensitas cahaya diambil setiap hari pada pukul 08.00-09.00 WIB menggunakan lux meter, sedangkan nilai pH dan suhu *leachate* diukur menggunakan kertas indikator pH dan termometer sebelum dan sesudah perlakuan. Parameter yang diamati adalah akumulasi Cd dalam akar, batang, dan daun kangkung air pada masing-masing lama waktu pananaman. Akumulasi Cd diukur dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). Data penyerapan Cd dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama waktu kangkung air ditanam dalam *leachate* berpengaruh terhadap akumulasi Cd pada tanaman. Penyerapan Cd oleh kangkung air mencapai jenuh pada hari ke-8 dengan total penyerapan 0,052 ppm. Akumulasi Cd paling besar pada akar kangkung yaitu 0,023 ppm.

Abstract

Cadmium (Cd) that contained in TPA Jatibarang's *leachate* can be cleaned by phytoremediation using water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk.). This research aimed to determine the ability of the water spinach as a fitoremediator in adsorb cadmium (Cd) that contained in TPA Jatibarang's *leachate*. The research was conducted by using a randomized completely design (RCD) factorial, with longer treatment planted time in *leachate* water spinach was 0 day, 2 days, 4 days, 6 days, and 8 days respectively. The observed parameters of Cd accumulation in roots, stems, and leaves of water spinach in each long exposure time, as well as temperature, pH, and light intensity in research location. Analyses of Cd accumulation was AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometry*). Data analyzed using Anova and then a LSD with significance level 95%. The results showed that the duration of the water spinach planted in *leachate* effect on Cd accumulation in plant. The adsorption of Cd in water spinach was reached the saturation at 8th days with a total adsorption 0.052 ppm. The greatest Cd accumulation in plant organs water spinach was in root that is 0.023 ppm.

© 2015 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lantai 1, Kampus Unnes Sekaran,
Gunungpati, Semarang, 50229
E-mail: cho_isa@yahoo.com

ISSN 0215-9945

PENDAHULUAN

Sampah merupakan permasalahan lingkungan yang cukup serius di Indonesia. Pertumbuhan jumlah penduduk serta pergeseran gaya hidup di kalangan masyarakat modern akan terus meningkatkan laju konsumsi masyarakat. Rata-rata satu orang per hari menghasilkan 1-2 kg sampah, dan akan terus meningkat (Lestari *et al.* 2011). Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang merupakan salah satu tempat pembuangan akhir sampah dan limbah di Semarang yang lokasinya dekat dengan permukiman penduduk dan Sungai Kreo. Bahan organik dan non organik pada sampah yang menumpuk akan mengalami dekomposisi menghasilkan *leachate* (air lindi), yaitu bahan organik berkonsentrasi tinggi dan mengandung logam berat (Nuruddin 2012).

Berdasarkan uji pendahuluan sampel *leachate* TPA Jatibarang di Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Jawa Tengah diperoleh hasil konsentrasi kadmium (Cd) dalam *leachate* sebesar 0,057 mg/L. Kadmium yang terkandung di dalam *leachate* berasal dari sampah non organik sisa hasil produksi dan rumah tangga seperti batu baterai, kaleng cat, dan sampah non organik lainnya yang dibuang di TPA Jatibarang. Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang sangat berbahaya dan dapat terakumulasi dalam tubuh. Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah, nilai ambang batas atau baku mutu daerah untuk konsentrasi Cd di alam adalah 0,05 mg/L. Jumlah Cd di alam yang melebihi nilai ambang batas akan bersifat toksik dan menyebabkan kematian pada biota jika terakumulasi dalam tubuh.

Salah satu pengelolaan limbah cair seperti *leachate* dapat dilakukan secara biologis yaitu menggunakan tanaman untuk menyerap senyawa toksik yang terkandung dalam limbah tersebut, teknik ini disebut fitoremediasi. Tanaman untuk pengelolaan limbah tersebut adalah tanaman yang mampu menyerap

senyawa dan bahan organik yang terkandung dalam media tempat hidupnya. Menurut Lestari (2013), kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk.) merupakan salah satu tanaman yang mudah menyerap dan mengakumulasi logam berat di habitatnya. Selain itu kangkung air juga mudah tumbuh dan tahan hidup di tempat pembuangan limbah cair.

Berdasarkan hasil penelitian Agusetyadevy *et al.* (2012), berat basah kangkung air yang optimum untuk menurunkan konsentrasi timbal dan kromium adalah 100 gram dengan lama waktu pemaparan selama 12 hari. Penelitian Wulandari *et al.* (2014) menunjukkan bahwa konsentrasi dan waktu pemaparan memberi pengaruh yang berbeda nyata terhadap kemampuan kangkung air dalam menyerap Cd dan pertambahan biomassa tanaman. Media tanam dengan konsentrasi 6 ppm dan waktu pemaparan 15 hari merupakan kondisi optimal bagi akar kangkung air untuk mengakumulasi Cd (sebesar 5,58 ppm) dan menurunkan logam Cd (sebesar 0,20 ppm). Maka dari itu, kangkung air sebagai tanaman hiperakumulator berpotensi sebagai fitoremediasi logam berat yang terkandung dalam *leachate* TPA Jatibarang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan kangkung air sebagai fitoremediasi dalam menyerap kadmium yang terdapat dalam *leachate* TPA Jatibarang.

METODE PENELITIAN

Penelitian didesain dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial. Faktor pertama adalah lama waktu kangkung air ditanam dalam *leachate* yaitu 2 hari, 4 hari, 6 hari, dan 8 hari. Faktor kedua adalah jenis organ kangkung (akar, batang dan daun). Parameter yang diamati adalah akumulasi Cd pada masing-masing kelompok perlakuan. Penelitian dilakukan di Lahan Pembibitan Pohon Kebun Biologi UNNES. Sampel *leachate* diperoleh dari kolam penampungan *leachate* TPA Jatibarang. Kangkung air diperoleh dari sungai di Kelurahan Kalipancur.

Sebelum penelitian, dilakukan uji pendahuluan untuk kandungan Cd dalam *leachate* maupun dalam kangkung air menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) di Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Jawa Tengah. Hasil uji pendahuluan menunjukkan bahwa konsentrasi Cd dalam *leachate* sebesar 0,139 ppm. Sementara kandungan Cd pada akar, batang, dan daun kangkung air masing-masing sebesar 0,093 ppm, 0,065 ppm, dan 0,032 ppm. Maka dari itu, hasil akumulasi Cd yang didapatkan setelah fitoremediasi akan dikurangkan terlebih dahulu dengan hasil uji pendahuluan (hari ke-0).

Penelitian diawali dengan aklimatisasi kangkung dalam air bersih selama 3 hari, selanjutnya ditimbang seberat 300 gram kemudian diletakkan ke dalam ember yang berisi 10 L *leachate* sesuai dengan desain penelitian. Sampel *leachate* dan organ tanaman diambil setiap 2 hari sekali (2 hari, 4 hari, 6 hari, dan 8 hari). Faktor intensitas cahaya diambil setiap hari pada pukul 08.00-09.00 WIB menggunakan lux meter, sedangkan nilai pH dan suhu *leachate* diukur menggunakan kertas indikator pH dan termometer sebelum dan sesudah perlakuan.

Parameter yang diamati adalah akumulasi Cd dalam akar, batang, dan daun kangkung air pada masing-masing lama waktu penanaman. Akumulasi Cd diukur dengan AAS di Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Jawa

Tengah. Data penyerapan Cd dianalisis secara deskriptif.

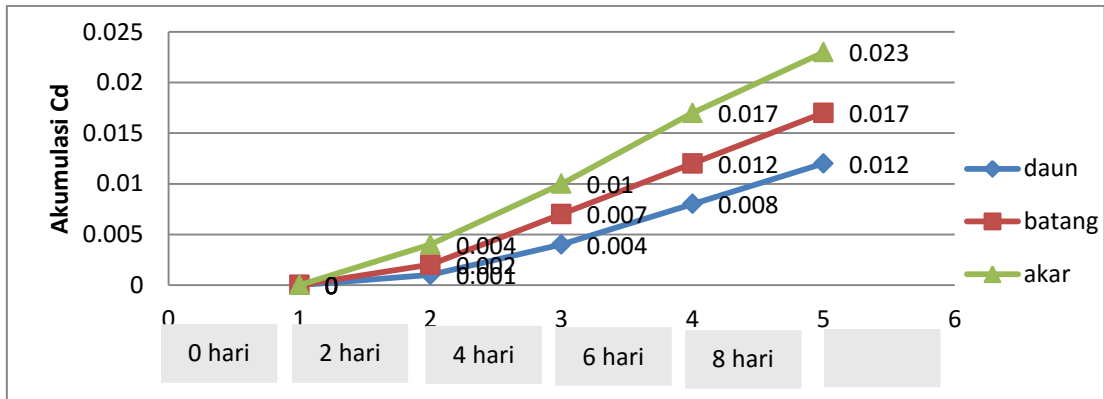
Anova pola faktorial dan dilanjutkan dengan Uji LSD dengan taraf signifikansi 95% menggunakan program SPSS 16. Analisis, menggunakan AAS. Data sekunder yang diamati adalah suhu, pH, dan intensitas cahaya di lokasi penelitian. Data dianalisis menggunakan Anova dilanjutkan dengan LSD dengan taraf signifikansi 95%. Data diambil dari beberapa variabel, yaitu sampel *leachate* dan organ akar, batang, dan daun kangkung air, sebelum dan sesudah perlakuan fitoremediasi. Dengan demikian diperoleh 20 kombinasi perlakuan dengan 3 kali pengulangan untuk masing-masing perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyerapan Cd oleh organ kangkung air sesuai dengan besarnya penurunan konsentrasi Cd pada *leachate*. Semakin besar kadar Cd yang diakumulasi oleh akar kangkung air maka semakin sedikit kadar Cd pada media, sebaliknya semakin sedikit kadar Cd yang diakumulasi oleh akar kangkung air maka semakin besar kadar Cd pada media (Wulandari *et al.*, 2014). Penyerapan Cd oleh kangkung air mencapai jenuh pada lama waktu penanaman 8 hari dengan total penyerapan 0,052 ppm (45%). Peningkatan akumulasi Cd pada organ kangkung air dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

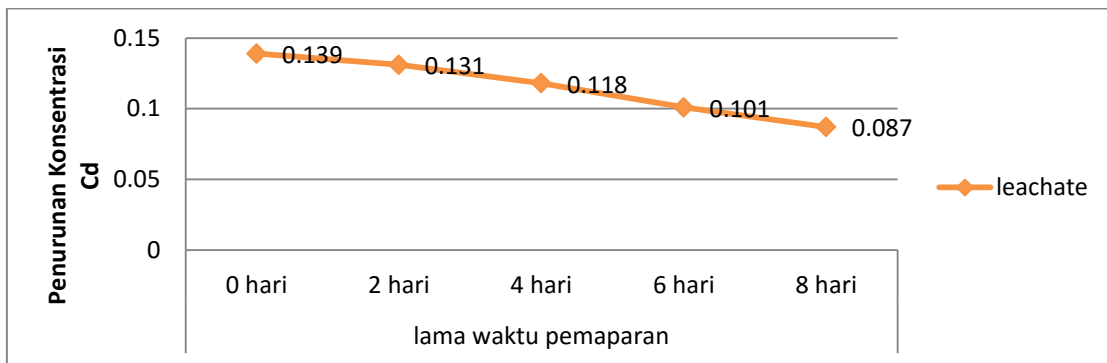
Tabel 1. Penjerapan Cd pada Kangkung Air Setelah Proses Fitoremediasi

No.	Lama Waktu Pemaparan	Akumulasi Cd pada Organ			Total Penyerapan Cd	Penyerapan Cd (%)
		Akar	Batang	Daun		
1	2 hari	0,004	0,002	0,001	0,007	6
2	4 hari	0,010	0,007	0,004	0,021	18
3	6 hari	0,017	0,012	0,008	0,037	32
4	8 hari	0,023	0,017	0,012	0,052	45



Gambar 1. Akumulasi Cd dalam Organ Kangkung Air Setelah Fitoremediasi

Penjerapan Cd oleh organ kangkung air mengindikasikan bahwa Cd diserap oleh diikuti pula dengan penurunan konsentrasi Cd kangkung air, dikarenakan sifatnya yang pada *leachate* (Gambar 2). Hal ini hiperakumulator terhadap Cd.



Gambar 2. Penurunan Konsentrasi Cd dalam *Leachate* Setelah Fitoremediasi

Penyerapan dan penurunan Cd terbanyak terjadi pada perlakuan lama waktu tanam 8 hari. Hal ini terjadi karena lama waktu tanam 8 hari cukup maksimal untuk proses penyerapan Cd secara optimal oleh jaringan tanaman kangkung air. Menurut Agusetyadevy *et al.* (2012), pengaruh waktu tanaman terpapar berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi logam dalam media tanam. Semakin lama waktu kangkung air ditanam dalam *leachate*, maka semakin besar Cd yang terjerap dalam kangkung air dan semakin besar pula konsentrasi Cd yang berkurang dalam *leachate*. Selanjutnya penjerapan dan penurunan Cd paling sedikit terjadi pada perlakuan lama waktu tanam 2 hari. Hal ini diduga karena rentang waktu 2 hari hanya dapat digunakan oleh kangkung air untuk beradaptasi dengan media tanam yang baru (*leachate*) dari media tanam sebelumnya sehingga jaringan kangkung air belum dapat mengakumulasi Cd secara maksimal.

Akumulasi Cd tersebar merata di seluruh bagian tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa Cd yang terdapat dalam *leachate* mengalami transpor dari akar menuju batang dan daun tanaman bersamaan dengan transport unsur hara dan air. Menurut Moenir (2010), mekanisme penjerapan logam berat oleh tanaman berlangsung secara aktif meliputi tiga proses, yaitu penjerapan logam berat oleh akar, selanjutnya logam berat ditranslokasikan ke organ-organ lainnya, dan akhirnya logam berat akan dilokalisasi/akumulasi oleh organ tanaman.

Konsentrasi logam yang tinggi dalam media tanam akan mengakibatkan akar menarik logam dengan konsentrasi yang besar dibandingkan dengan bagian lain dari tanaman tersebut (Liong *et al.* 2009). Hal inilah yang menyebabkan akumulasi Cd terbesar terjadi pada organ akar dibandingkan pada organ batang dan daun. Logam Cd akan masuk ke jalur transpor bersama zat hara. Proses penetralan

terhadap zat toksik akan disekresi sebagai bentuk adaptasi dan mekanisme penanggulangan keracunan kangkung air terhadap cekaman Cd. Proses penetralan kangkung air dilakukan dengan cara menyimpan banyak air pada jaringannya untuk mengurangi efek keracunan dari Cd, selanjutnya ditransportasikan menuju jaringan atau organ yang sudah tua seperti daun atau batang tua.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa akumulasi Cd pada tanaman kangkung air paling banyak pada organ akar, dan paling sedikit pada daun. Hal ini terjadi karena akar merupakan organ tanaman yang jaraknya paling dekat dan bersentuhan langsung dengan sumber kontaminan (Cd) dalam media tanam, sedangkan batang dan daun jaraknya relatif lebih jauh dari sumber kontaminan. Menurut Dewi (2004), akar merupakan organ tanaman yang dapat melakukan lokalisasi (ekstraseluler) terhadap senyawa toksik karena bagian akar memiliki toleransi inheren yang tinggi dibandingkan bagian ujung tanaman. Tingginya akumulasi Cd pada akar terjadi karena akarlah yang pertama kali berinteraksi dengan Cd melalui rizofe. Selain itu, jaringan tumbuhan yang letaknya semakin jauh dari akar mempunyai potensial air yang kecil, sehingga potensial air pada jaringan daun akan lebih kecil dari jaringan batang dan lebih kecil dari jaringan akar. Dengan demikian akumulasi Cd pada daun lebih kecil dibandingkan akumulasi Cd pada batang, dan akumulasi Cd pada batang lebih kecil dari pada akumulasi Cd di akar.

Translokasi dari akar menuju daun dimungkinkan karena adanya proses difusi, osmosis, dan daya kapilaritas serta daya isap daun dan tekanan oleh akar. Menurut Moenir (2010), pada proses fitodegradasi logam berat akan diuraikan oleh enzim seperti dehalogenase dan oksigenase melalui proses metabolisme tumbuhan. Kemampuan tanaman dalam mengekskresikan suatu senyawa kimia tertentu dapat mendegradasi Cd yang terjerap di daerah akar. Selanjutnya Cd yang telah terdegradasi akan mudah untuk diangkat atau ditranslokasikan ke bagian batang dan daun tanaman. Selain itu, translokasi Cd dipengaruhi juga oleh luas permukaan serta banyaknya pembuluh pada bagian tanaman yang mempengaruhi pengangkutan air dan hara dalam xilem.

Menurut Dewi (2004) pada saat kontaminan bersentuhan dengan adsorben (kangkung air), akan

terjadi fenomena adsorpsi pada molekul-molekul Cd oleh kangkung air, diikuti proses adsorpsi oleh bulu-bulu akar pada kangkung air. Logam Cd mengalami penyerapan oleh bulu-bulu akar dan masuk ke dalam akar bersama-sama dengan air melewati xilem sehingga sampai ke batang dan daun. Ada pula Cd yang tidak sampai ke daun, namun hanya sampai di akar saja. Hal ini terjadi bagi senyawa toksik yang mengalami transpor bersama air melalui sistem transpor di luar pembuluh angkut. Sistem transpor di luar pembuluh angkut (transport ekstraseluler) berlangsung melalui ruang antar sel (tidak melalui xilem) sehingga saat Cd dan air akan memasuki batang terhalang oleh suatu lapisan yang tidak bisa ditembus oleh air, yaitu pita kaspari (Mulyani 2006). Adanya pita kaspari yang tidak dapat ditembus air ini maka Cd akan dilokalisasi di bagian akar. Hal tersebut merupakan salah satu penyebab adanya akumulasi Cd oleh kangkung air terbesar terjadi di organ akar.

Akumulasi Cd pada kangkung air dipengaruhi faktor fisik dan kimia lingkungan, di antaranya yaitu intensitas cahaya, suhu, dan pH. Pengukuran intensitas cahaya di lokasi penelitian dilakukan setiap hari pada pukul 08.00-09.00 WIB karena pada rentang waktu tersebut tanaman sedang aktif melakukan fotosintesis, yang nantinya akan mempengaruhi proses absorpsi Cd oleh kangkung air. Nilai rata-rata intensitas cahaya di lokasi penelitian 300 lux. Intensitas cahaya yang tinggi menyebabkan suhu pada *leachate* ikut meningkat sehingga mempercepat penyerapan ion logam yang lebih banyak (Monita *et al.* 2013). Suhu *leachate* yang sebelumnya 27°C meningkat menjadi 29°C setelah perlakuan. Peningkatan suhu pada media dapat meningkatkan respirasi yang secara tidak langsung dapat meningkatkan produksi energi yang diperlukan dalam proses transport aktif (Agustinus 2011). Pada suhu tinggi tanaman akan mengalami denaturasi protein enzim, sehingga secara tidak langsung akan mempengaruhi penyerapan atau transpor mineral pada tumbuhan.

Penurunan suhu *leachate* akan menaikkan kelarutan oksigen dan mempengaruhi pH. *Leachate* dengan nilai pH 6 sebelum perlakuan mengalami kenaikan setelah perlakuan menjadi 8. Kenaikan pH akan menurunkan kelarutan logam dalam air, karena akan mengubah logam dari bentuk karbonat menjadi bentuk hidroksi yang akan membentuk ikatan dengan

partikel pada air (Darmono 2011). Kenaikan nilai pH *leachate* pada penelitian tidak akan menghambat proses penyerapan ion oleh kangkung air karena mikroorganisme yang membantu dalam menurunkan konsentrasi Cd tersebut dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH mendekati netral. Semakin meningkat nilai pH pada *leachate* maka konsentrasi kontaminan Cd dalam *leachate* semakin berkurang, dengan demikian lingkungan akan kembali stabil.

SIMPULAN

Kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk.) mampu menyerap Cd yang terdapat pada *leachate* TPA Jatibarang sampai mencapai jenuh pada hari ke-8 dengan total akumulasi 0,052 ppm. Akumulasi Cd pada kangkung air tersebar merata pada seluruh organ tanaman dan akumulasi Cd terbesar pada akar (44%).

SARAN

Kangkung air disarankan sebagai salah satu solusi pembersihan limbah Cd secara fitoremediasi yang efektif dan murah.

DAFTAR PUSTAKA

Agusetyadevy I, Sri S, & Endro S. 2012. Fitoremediasi Limbah yang Mengandung timbal (Pb) dan kromium (Cr) dengan Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*). (Tugas Akhir). Semarang: Universitas Diponegoro.

Agustinus MD. 2011. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pengangkutan Mineral pada Tumbuhan. *On line at* http://zonabawah.blogspot.com/2011/04/faktor-faktor-yang-mempengaruhi_16.html [diakses tanggal 28 April 2014].

Darmono. 2011. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press.

Dewi NK. 2004. Penurunan Derajat Toksisitas kadmium terhadap Ikan Bandeng (*Chanos chanos Forskal*) Menggunakan Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*, (Mart.) Solms) dan Fenomena Transpornya. (Tesis). Semarang: Universitas Diponegoro.

Lestari S, Santoso S, & Anggorowati S. 2011. Efektivitas Enceng Gondok (*Echhirinia crassipes*) dalam Penyerapan kadmium (Cd) Pada *Leachate* TPA Gunung Tugel. *Jurnal Molekul*, 6(1): 25-29.

Lestari W. 2013. Penggunaan *Ipomoea aquatic* Forsk. untuk Fitoremediasi Limbah Rumah Tangga. Dalam: *Prosiding Seminar FMIPA Uneversitas Lampung*, hal. 441-445.

Liong S, Alfian N, Paulina T & Hazirin Z. 2009. Dinamika Akumulasi kadmium pada Tanaman Kangkung Darat. *Journal Indonesia Chimica Acta*, 2 (1): X-Y.

Moenir M. 2010. Kajian Fitoremediasi sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*, 1(2): 115-123.

Monita R, Tarzan P, & Djoko B. 2013. Kandungan Klorofil Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) akibat Pemberian Logam Kadmium (Cd) pada Berbagai Konsentrasi. *Journal Lentera Bio* 2(3): 247-251.

Mulyani S. 2006. *Anatomi Tumbuhan*. Yogyakarta: Kanisius.

Nuruddin F. 2012. Penggunaan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk.) untuk Mengurangi Konsentrasi Unsur Besi dan Tembaga Menggunakan Sampel Kali Jagir di Surabaya. Malang: Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya.

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 *Tentang Baku Mutu Air Limbah*.

Wulandari R, Tarzan P & Winarsih. 2014. Kemampuan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) dalam Menjerap Logam Berat kadmium (Cd) Berdasarkan Konsentrasi dan Waktu Pemaparan yang Berbeda. *Journal Lentera Bio* 3(1): 83-89.