

## Kandungan Klorofil Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Akibat Pemberian Logam Kadmium (Cd) pada Berbagai Konsentrasi

### *Chlorophyll Content of Water Spinach (Ipomoea aquatica) Plants Exposed to Cadmium in Various Concentrations*

Risca Monita, Tarzan Purnomo, Djoko Budiono

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Surabaya

#### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kandungan klorofil, akumulasi logam kadmium pada daun, dan pertumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) akibat pemberian logam kadmium dengan berbagai konsentrasi dan waktu detensi, serta interaksi antara kedua perlakuan tersebut. Penelitian dilakukan di *Green House* Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya dengan menggunakan desain Rancangan Acak Kelompok (RAK). Konsentrasi logam kadmium yang dipergunakan adalah 0 ppm, 8 ppm, 12 ppm, 16 ppm, dan 20 ppm, dengan waktu detensi selama 7 dan 14 hari. Parameter yang diamati meliputi kandungan klorofil, akumulasi logam kadmium pada daun, dan pertumbuhan tanaman kangkung air. Data yang telah didapatkan selanjutnya dianalisis menggunakan ANAVA 2 arah dan dilanjutkan dengan Uji Duncan dengan taraf signifikansi 0,05. Hasil penelitian menunjukkan pemberian logam kadmium dengan konsentrasi dan waktu detensi yang berbeda dapat memengaruhi kandungan klorofil, akumulasi logam kadmium pada daun, dan pertumbuhan tanaman kangkung air. Kandungan klorofil daun yang terkecil ditunjukkan pada pemberian konsentrasi logam sebesar 16 ppm, dan 20 ppm dengan waktu detensi selama 14 hari. Akumulasi logam pada daun terbesar ditunjukkan pada konsentrasi 12 ppm, 16 ppm, dan 20 ppm yakni sebesar 6,357 ppm, 6,765 ppm, dan 6,468 ppm. Pemberian konsentrasi 20 ppm dengan waktu detensi selama 14 hari menunjukkan berat terkecil adalah sebesar 34,57 gram.

**Kata kunci:** konsentrasi kadmium; waktu detensi; kandungan klorofil; akumulasi logam kadmium; pertumbuhan kangkung air.

#### ABSTRACT

This research aimed to description the chlorophyll content, the metal cadmium accumulations in the leaves, and the growth of water spinach resulting from the furnishing of cadmium metal with various concentrations, detention time, and the interaction between the two treatments. The research was conducted in the Green House Faculty Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Surabaya using a randomized block design (RAK). Cadmium metal concentrations used were 0 ppm, 8 ppm, 12 ppm, 16 ppm, and 20 ppm, with a detention time for 7 and 14 days. Parameters observed chlorophyll content, accumulation of cadmium in leaves of metal, and water spinach plant growth. Data were then analyzed using 2-way ANOVA and Duncan test continued with a significance level of 0,05. Results showed that giving with a concentration of cadmium metal and different detention time can affect the levels of chlorophyll, metals cadmium accumulation in the leaves, and *Ipomoea aquatica* Forsk growth. The smallest leaf chlorophyll content indicated on providing metal concentration of 16 ppm, and 20 ppm with detention time of 14 days. The mean greatest metal accumulation in leaves was shown at a concentration of 12 ppm, 16 ppm, and 20 ppm which is equal to 6.357 ppm, 6.765 ppm and 6.468 ppm. Giving a concentration of 20 ppm with a 14-day detention time showed the smallest end of the weight is 34.57 grams.

**Key words:** kadmiun concentration; detention time; chlorophyll content; metals kadmiun accumulation; growth water spinach

#### PENDAHULUAN

Semua jenis tumbuhan memerlukan kondisi lingkungan yang optimal untuk kelangsungan hidupnya, namun kenyataan yang ada lingkungan tidak selalu memberikan kondisi yang optimal bagi kelangsungan hidup tumbuhan melainkan juga dapat menjadi tekanan atau ancaman bagi tumbuhan tersebut. Tekanan

lingkungan tersebut salah satunya dapat disebabkan oleh hadirnya logam berat yang bersifat nonessensial dalam media pertumbuhan tumbuhannya.

Kangkung air (*Ipomoea aquatica*) termasuk tumbuhan yang mampu melakukan adaptasi dengan baik pada kondisi lingkungan dengan kisaran toleransi yang luas terhadap berbagai

cekaman (Wang *et al.*, 2008). Pengaruh yang dapat ditimbulkan akibat pencemaran logam kadmium dalam media pertumbuhan tumbuhan antara lain menurunkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman, hingga kematian pada tanaman. Berkurangnya produksi biomassa tersebut berkaitan dengan berkurangnya laju fotointesis, yang disebabkan karena terhambatnya proses sintesis klorofil (Kholidiyah, 2010).

Olivares (2003) menjelaskan bahwa ada kaitan antara konsentrasi logam berat dengan perubahan kandungan klorofil pada daun, kandungan klorofil akan mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya logam berat yang berada dalam media pertumbuhannya. Pengukuran kandungan klorofil a dan b berkorelasi positif dengan laju pertumbuhan tajuk sehingga klorofil dapat digunakan dalam sistem monitoring tumbuhan (Anggarwulan dan Solichatun, 2007).

Perubahan kandungan klorofil daun tanaman terkait dengan rusaknya struktur kloroplas disebabkan konsentrasi logam dalam media pertumbuhan serta lamanya waktu pemaparan logam. Pembentukan struktur kloroplas dipengaruhi oleh nutrisi mineral yakni magnesium (Mg) dan besi (Fe). Keberadaan logam Kadmium dalam jaringan tumbuhan mampu mengurangi asupan magnesium dan besi akibat pengaruh antagonisme ion, sehingga menyebabkan perubahan pada volume dan jumlah kloroplas (Kovacs, 1992 dalam Widowati, 2011).

Keberadaan logam kadmium di daun mampu menghambat sintesis klorofil dengan berinteraksi dengan kelompok enzim fungsional yang memiliki gugus sulfhidril (-SH) seperti *aminolevulinic acid (ALA) dehidratase*, *porphobilinogen deaminase*, dan *protochlorophyllide*. Keberadaan logam berat dalam jaringan tumbuhan berhubungan langsung dengan aktivitas *porphobilinogen deaminase* dan *aminolevulinic acid (ALA) dehidratase* yang dapat juga menghambat sintesis porfirin yang merupakan bagian dari struktur klorofil (Prasad dan Prasad, 1990).

Hasil penelitian Piotrowska *et al.*, (2009) menunjukkan bahwa tanaman *Wolffia arrhiza* yang diberi perlakuan dengan logam Kadmium menunjukkan penurunan kandungan klorofil yang lebih cepat dan lebih kuat daripada logam Pb. Penurunan maksimum klorofil a sebesar masing-masing 75,4% untuk logam kadmium diperoleh setelah pemberian 1000 $\mu$ M kadmium dan Pb pada hari ke- 14 budidaya. Penelitian Rivero *et al.* (2011) yang juga meneliti tentang

mekanisme toleransi tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang terpapar logam kadmium menunjukkan, bahwa penyerapan logam oleh tanaman semakin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi kadmium dan waktu detensi logam yang terlalu lama. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya penurunan kandungan klorofil pada daun dewasa yang signifikan yakni mencapai 20 – 94%.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan klorofil, akumulasi logam kadmium pada daun, serta pertumbuhan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) akibat pemberian larutan kadmium dengan berbagai konsentrasi dan waktu detensi, serta interaksi antara konsentrasi larutan kadmium dengan berbagai waktu detensi terhadap ketiga parameter uji tersebut.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian yang dilakukan bersifat eksperimental dan observasional. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni – Juli 2013, di laboratorium Fisiologi dan *green house* (GH) C10 Jurusan Biologi dan analisis kadar logam kadmium dilakukan di laboratorium Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya.

Sasaran penelitian adalah tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) yang diperoleh dari tambak ikan nila daerah Kutisari Surabaya dan media tanam perlakuan tanaman kangkung air. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok dengan dua faktor perlakuan yaitu konsentrasi (0 ppm, 8 ppm, 12 ppm, 16 ppm, dan 20 ppm) dan waktu detensi (selama 7 hari dan 14 hari). Perlakuan diulang sebanyak 3 kali pengulangan sehingga kombinasi perlakuan sebanyak  $5 \times 2 \times 3 = 30$ .

Prosedur penelitian dibagi menjadi tiga tahap yaitu tahap persiapan yang meliputi tahap aklimatisasi dan pembuatan media tanam, tahap pelaksanaan penelitian, dan tahap pengambilan data. Tahap aklimatisasi dimulai dengan menanam kangkung air ke dalam bak berukuran 15 liter yang telah diisi dengan akuades sebanyak 10 liter dan larutan hogland sebanyak 250 ml selama 10 hari. Selanjutnya menganalisis kadar kadmium dan kandungan klorofil awal yang terkandung dalam daun kangkung air. Pembuatan media tanam dimulai dengan pembuatan larutan induk Kadmium dengan konsentrasi 1000 ppm, yang dilanjutkan dengan pembuatan larutan dengan konsentrasi 8 ppm, 12 ppm, 16 ppm, dan 20 ppm.

Tahap pelaksanaan percobaan dimulai dengan persiapan media tanam, menimbang kangkung air yang telah diaklimatisasi sebelumnya sebanyak 100 gram. Menanam kangkung air yang telah ditimbang ke dalam bak sesuai perlakuan, dan diletakkan di GH C10 sesuai unit tata letak perlakuan. Setelah perlakuan selama waktu detensi (7 hari dan 14 hari), dilakukan pengukuran kandungan klorofil daun dan akumulasi logam Kadmium pada masing-masing perlakuan, serta dihitung pula kadar logam kadmium yang tersisa pada media tanam. Pengukuran kandungan klorofil dengan mengambil 1 gram daun kangkung air pada nodus ke- 5, untuk pengukuran akumulasi logam kadmium pada daun dengan mengambil sebanyak 10 gram, dan pengukuran kadar logam kadmium pada media tanam dengan mengambil sample sebanyak 50 ml dari air media tanam.

Pengambilan data dilakukan sebelum dan sesudah penelitian, yaitu melakukan pengukuran kandungan klorofil menggunakan spektrofotometri, akumulasi logam Kadmium pada daun kangkung air menggunakan AAS yang dilakukan secara eksperimental, serta pengukuran faktor fisika dan kimia meliputi intensitas cahaya,

suhu, pH, dan penurunan kadar logam pada media tanam dilakukan secara observasional. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan analisis varian (ANOVA) dua arah dan apabila terdapat perbedaan antar perlakuan maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf signifikansi 0,05.

**HASIL**

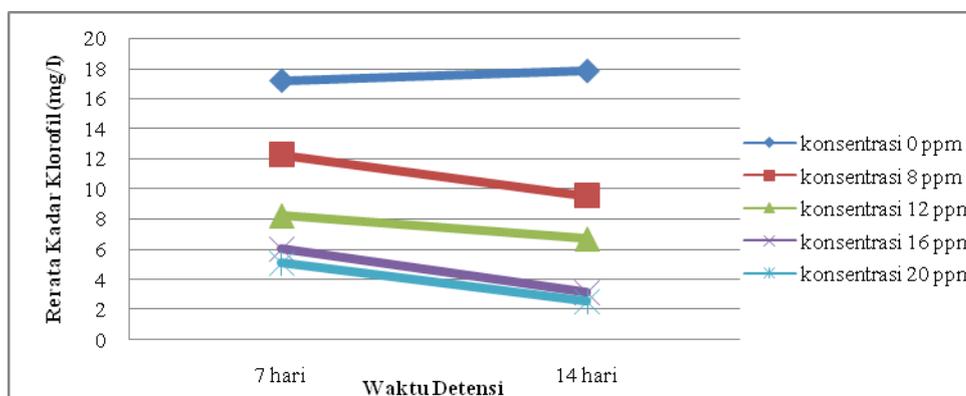
Hasil anava menunjukkan bahwa ada perbedaan antara perlakuan konsentrasi dan waktu detensi, serta interaksi antara konsentrasi dan waktu detensi yang diberikan terhadap kandungan klorofil daun kangkung air, hal tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Hasil uji Duncan pada taraf signifikansi 0,05 (Tabel 1) menunjukkan bahwa ada perbedaan secara nyata pada perlakuan konsentrasi, demikian pula untuk perlakuan waktu detensi 7 hari dan 14 hari. Pada perlakuan interaksi antara konsentrasi dan waktu detensi terhadap kandungan klorofil pada daun kangkung air juga menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Kandungan klorofil tanaman kangkung air dapat dilihat dalam Gambar 1.

**Tabel 1.** Kandungan Klorofil (mg/l) Daun Kangkung Air Akibat Pengaruh Berbagai Konsentrasi Logam Kadmium dan Waktu Detensi

Konsentrasi (ppm)	Waktu Detensi (hari)	
	7 (t <sub>1</sub> )	14 (t <sub>2</sub> )
0	17,181 ± 1,090 <sup>h</sup>	17,826 ± 0,115 <sup>i</sup>
8	12,258 ± 0,369 <sup>g</sup>	9,538 ± 0,689 <sup>f</sup>
12	8,244 ± 0,735 <sup>e</sup>	6,708 ± 1,765 <sup>d</sup>
16	6,023 ± 0,950 <sup>c</sup>	3,124 ± 0,219 <sup>a</sup>
20	5,107 ± 0,925 <sup>b</sup>	2,556 ± 0,697 <sup>a</sup>

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam tiap kolom dan baris tidak berbeda nyata pada taraf uji 0,05 menurut Uji Duncan's



**Gambar 1.** Pengaruh konsentrasi larutan logam dan waktu detensi terhadap rerata kandungan klorofil daun kangkung air

Terdapat penurunan kandungan klorofil pada daun tanaman kangkung air, bila dibandingkan dengan kandungan klorofil awal akibat pemberian logam Kadmium pada media tanamnya (Gambar 1). Penurunan kandungan klorofil terjadi seiring dengan seiring besarnya konsentrasi kadmium yang terkandung dalam media tanam dan waktu detensi yang lebih lama yakni 14 hari. Penurunan kandungan klorofil terbesar adalah pada perlakuan konsentrasi 20 ppm dengan waktu detensi 14 hari yaitu sebesar 84,92%.

Hasil Anava dua arah menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara perlakuan konsentrasi terhadap akumulasi logam Kadmium pada daun kangkung air, namun perlakuan waktu detensi

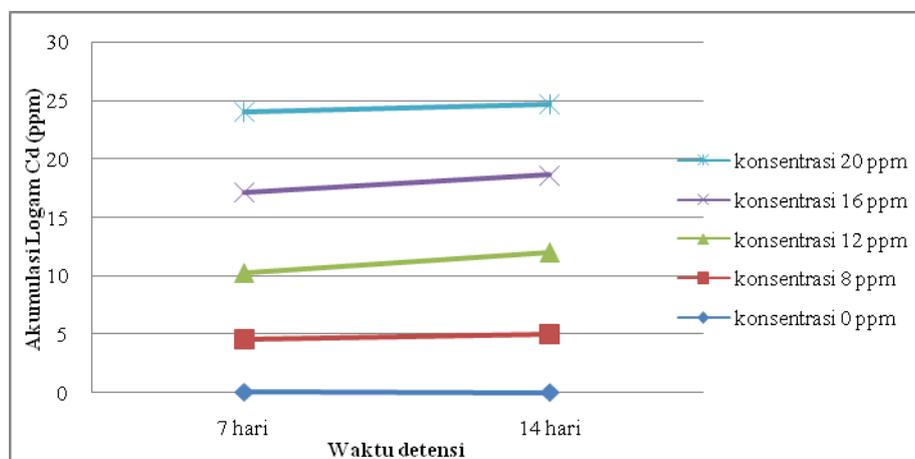
dan interaksi antara konsentrasi dengan waktu detensi tidak berbeda nyata (Tabel 2).

Hasil uji duncan pada taraf signifikansi 0,05 di atas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan secara nyata untuk pengaruh konsentrasi perlakuan sebesar 12 ppm, 16 ppm, dan 20 ppm terhadap akumulasi logam kadmium pada daun kangkung air. Waktu detensi dan interaksi antara konsentrasi larutan kadmium dengan waktu detensi tidak terdapat pengaruh yang berbeda nyata sehingga tidak dilanjutkan dengan uji duncan. Logam kadmium yang terakumulasi dalam daun kangkung air dapat dilihat pada Gambar 2.

**Tabel 2.** Akumulasi logam kadmium pada daun kangkung air akibat pengaruh berbagai konsentrasi logam kadmium dan waktu detensi

Konsentrasi (ppm)	Waktu Detensi (hari)	
	7 ( $t_1$ )	14 ( $t_2$ )
0	0,012 ± 0,003	0,013 ± 0,007
8	4,497 ± 0,733	4,963 ± 1,174
12	5,707 ± 0,561	7,009 ± 0,888
16	6,894 ± 3,071	6,636 ± 0,786
20	6,867 ± 0,031	6,069 ± 1,442

**Keterangan:** tidak ada notasi menunjukkan interaksi konsentrasi dan waktu detensi tidak menunjukkan hasil yang berbeda nyata



**Gambar 2.** Pengaruh konsentrasi dan waktu detensi terhadap akumulasi logam kadmium pada daun kangkung air

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa perlakuan yang paling banyak mengakumulasi logam kadmium adalah perlakuan dengan konsentrasi 8 ppm dan 12 ppm dengan waktu detensi selama 14 hari yakni sebesar 58,41% dan 58,40%.

Penurunan logam kadmium yang paling besar adalah pada perlakuan konsentrasi logam berturut-turut sebesar 12 ppm, 8 ppm, dan 20 ppm dengan waktu detensi selama 14 hari.

Penurunan logam kadmium pada media tanam dan persentase penurunannya setelah perlakuan pemberian konsentrasi dan waktu detensi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3.

Uji statistik menggunakan anava 2 arah menunjukkan bahwa konsentrasi, waktu detensi, dan interaksi keduanya memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap rerata berat kangkung air. Berat tanam kangkung air akibat

pemberian kadmium pada berbagai konsentrasi dan waktu detensi disajikan pada Tabel 4

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa interaksi perlakuan konsentrasi dan waktu detensi yang memberikan pengaruh yang berbeda

nyata terhadap berat akhir kangkung air yang ditunjukkan pada konsentrasi 20 ppm dan waktu detensi 14 hari, dengan rerata berat akhirnya hanya sebesar 34,573 gram.

**Tabel 3.** Penurunan kadar logam kadmium serta persentasenya setelah perlakuan konsentrasi dan waktu detensi

Konsentrasi Awal Logam (ppm)	Rerata Konsentrasi Akhir Logam pada Media Tanam (ppm)		Rerata Penurunan Kadar Logam Kadmium pada Media Tanam (ppm)		Rerata Prosentase Penurunan Logam pada Media Tanam (%)	
	Waktu Detensi 7 Hari	Waktu Detensi 14 Hari	Waktu Detensi 7 Hari	Waktu Detensi 14 Hari	Waktu Detensi 7 Hari	Waktu Detensi 14 Hari
0	0	0	0	0	0	0
8	4,041	1,288	3,959	6,712	49,48	83,90
12	7,218	1,763	4,782	10,237	39,85	85,30
16	9,507	5,358	6,493	10,642	40,58	66,51
20	10,900	3,716	9,100	16,284	45,50	81,42

**Tabel 4.** Berat akhir tanaman kangkung air akibat pengaruh berbagai konsentrasi logam Cd dan waktu detensi

Konsentrasi (ppm)	Waktu Detensi (hari)	
	7 ( $t_1$ )	14 ( $t_2$ )
0	110,900 ± 0,387 <sup>i</sup>	120,380 ± 0,973 <sup>i</sup>
8	93,745 ± 0,798 <sup>h</sup>	86,833 ± 1,947 <sup>g</sup>
12	83,747 ± 7,143 <sup>f</sup>	57,837 ± 3,529 <sup>c</sup>
16	71,000 ± 1,076 <sup>e</sup>	48,193 ± 3,494 <sup>b</sup>
20	61,323 ± 2,419 <sup>d</sup>	34,573 ± 5,582 <sup>a</sup>

**Keterangan:** Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam tiap kolom dan baris tidak berbeda nyata pada taraf uji 0,05 menurut Uji Duncan's

## PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa tanaman kangkung air mampu mengakumulasi logam berat kadmium pada tubuhnya. Margiati (2006) menjelaskan mekanisme yang ditempuh tumbuhan agar tahan terhadap logam berat, salah satunya adalah ameliorasi (penanggulangan), yakni dengan mengakumulasi logam dalam vakuola sel daun. Ion logam yang diserap oleh akar akibat adanya daya hisap akar dan tekanan akar akan diakumulasikan dalam akar dengan bantuan transpor ligand pada membran sel akar. Selanjutnya ion logam yang terserap kemudian dibawa menuju ke daun. Setelah sampai di daun, ion logam akan melewati plasmalema, sitoplasma, tonoplasma, kemudian memasuki vakuola. Selanjutnya dalam vakuola transpor ligand kompleks membentuk akseptor kompleks logam. Transport ligand dilepas dan terjadi akumulasi logam dalam vakuola daun.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata logam kadmium yang dapat diakumulasi oleh daun kangkung air pada perlakuan 12 ppm,

16 ppm, dan 20 ppm berturut-turut adalah sebesar 6,3578 ppm, 6,7650 ppm, dan 6,4683 ppm. Hasil tersebut merupakan rerata akumulasi kadmium yang terbaik bila dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi 0 ppm dan 8 ppm. Logam kadmium yang terakumulasi dalam daun akan menggantikan ion hara magnesium dan besi pada struktur cicin pirol klorofil, dikarenakan ketiganya sama-sama memiliki valensi sebesar 2<sup>+</sup> (Kovacs, 1992 dalam Widowati, 2011). Kapasitas tukar kation yang tinggi dapat meningkatkan kandungan logam dalam sitoplasma, sehingga dapat memengaruhi toleransi terhadap logam (Nazar *et al.*, 2012).

Peningkatan akumulasi kadar logam kadmium pada daun kangkung air juga diikuti oleh penurunan kadar kadmium pada media tanamnya, ini menunjukkan logam kadmium yang ada di media tanam diserap oleh tanaman kangkung air, sehingga kadar logam Kadmium pada media tanam menjadi berkurang. Pada akhir perlakuan, penurunan logam yang terbaik adalah pada perlakuan waktu detensi selama 14 hari dengan perlakuan konsentrasi berturut-turut 8

ppm, 12 ppm, dan 20 ppm, yakni sebesar 83,90%, 85,30%, dan 81,42%.

Terakumulasinya logam berat dalam vakuola sel daun dikarenakan terdapat beberapa senyawa biokimia yang terlibat dalam proses fisiologi tumbuhan contohnya adalah protein. Protein regulator tersebut membentuk senyawa biokimia kompleks yang disebut dengan fitokelatin. Fitokelatin merupakan peptida yang disintesis secara enzimatis dan terlibat dalam akumulasi dan detoksifikasi logam berat (Upadhyaya *et al.*, 2010). Fitokelatin dibentuk di dalam inti yang kemudian melewati retikulum endoplasma (RE), aparatus golgi, dan vesikula sekretori untuk sampai permukaan sel. Pada proses selanjutnya fitokelatin akan membentuk ikatan sulfida di ujung belerang pada sistein bila bertemu dengan logam berat dan membentuk senyawa kompleks (Salisbury dan Ross, 1995).

Toksisitas logam kadmium pada daun kangkung diperlihatkan dengan gejala klorosis pada daun. Interaksi antara konsentrasi dan waktu detensi memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap penurunan kadar klorofil daun kangkung air. Kandungan klorofil yang paling tinggi diperlihatkan pada konsentrasi 0 ppm dengan waktu detensi selama 14 hari, yakni sebesar 17,826 mg/l. Rerata kandungan klorofil terendah ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi logam Kadmium sebesar 20 ppm dan 16 ppm dengan waktu detensi selama 14 hari berturut-turut yakni 2,556 mg/l dan 3,124 mg/l.

Penurunan kandungan klorofil yang terjadi dikarenakan kerusakan struktur kloroplas yang disebabkan konsentrasi logam dalam media pertumbuhan serta lamanya waktu pemaparan logam (Widowati, 2011). Keberadaan logam kadmium dapat menimbulkan pengurangan asupan hara yang berguna untuk biosintesis protein, dan menghambat kinerja enzim yang berperan dalam proses biosintesis klorofil yang terjadi di dalam kloroplas. Keberadaan logam Kadmium pada organ daun juga dapat menyebabkan pengurangan asupan unsur hara yang merupakan bahan pembentuk klorofil seperti magnesium (Mg), besi (Fe), dan nitrogen (N) akibat adanya interaksi antar ion (persaingan kapasitas tukar kation).

Keberadaan logam kadmium pada daun juga dapat menyebabkan penurunan enzim yang berperan dalam biosintesis klorofil. Enzim - enzim yang diperlukan dalam proses biosintesis klorofil antara lain *aminolevulinic acid* (ALA) *dehidratase*, *porphobilinogen deaminase*, dan *protochlorophyllide*. Logam kadmium akan mengikat gugus sulfhidril (-SH) yang terdapat

pada enzim tersebut, sehingga fungsi dari enzim tersebut menjadi terganggu atau rusak (Prasad dan Prasad, 1990).

Apabila proses biosintesis tidak dapat berjalan dengan baik, maka akan menghambat pula proses fotosintesis pada tumbuhan. Hal ini dikarenakan logam kadmium selain dapat merusak struktur kloroplas dan menurunkan aktivitas enzim yang diperlukan dalam biosintesis, dapat pula mengganggu kerja molekul plastoquinone yang terkandung dalam membran tilakoid kloroplas. Molekul plastoquinone merupakan protein perifer (protein pembantu) yang terikat bebas pada permukaan luminal membran tilakoid. Fungsi molekul tersebut adalah sebagai pembawa elektron yang berperan penting dalam reaksi kimia fotosintesis (Krupa dan Baszynski, 1995 *dalam* Purbonegoro, 2008).

Hal tersebut sesuai dengan pendapat Rivera-Becerril *et al.*, (2002) bahwa keberadaan logam berat kadmium dalam tumbuhan dapat menimbulkan penurunan pertumbuhan dan produktivitas tumbuhan sehingga akan berakibat pada kematian. Penelitian ini tidak mengukur laju fotosintesisnya, namun pertumbuhan hasil dari proses fotosintesis yang diperlihatkan melalui berat akhir tanaman dapat dijadikan sebagai tolak ukurnya. Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan berat tanaman pada konsentrasi 20 ppm, 16 ppm, 12 ppm, dan 8 ppm dengan waktu detensi selama 14 hari. Rerata berat yang terkecil adalah sebesar 34,573 gram dengan prosentase penurunan berat akhir sebesar 65,43% pada pemberian kadmium dengan konsentrasi 20 ppm selama 14 hari.

Penurunan berat tanaman dapat terjadi karena dipengaruhi oleh adanya toksisitas logam kadmium yang dapat menyebabkan antara lain, 1) sulit memperoleh air karena pengaruh osmotik yang timbul dari kadar larutan yang berlebih, dimana masalah osmotik dikarenakan ion kadmium yang mencapai kadar larutan yang tinggi, 2) sulit memperoleh hara karena adanya kompetisi antara ion-ion, dimana akar-akar tanaman kangkung air mengabsorpsi ion dari media yang kompleks yang tidak hanya mengandung ion hara esensial, namun juga ion nonessensial dan juga senyawa organik, 3) sulitnya memperoleh CO<sub>2</sub> yang dibutuhkan dalam fotosintesis yang disebabkan karena keberadaan logam kadmium dalam organ daun yang dapat mengganggu proses membukamenutupnya stomata, sehingga proses fotosintesis tidak akan berjalan dengan sempurna.

Faktor fisik dan kimia lingkungan juga memengaruhi pertumbuhan dan akumulasi

logam kadmium pada daun kangkung, di antaranya intensitas cahaya, suhu, dan pH. Intensitas cahaya yang tinggi menyebabkan suhu air media tanam juga akan meningkat sehingga mempercepat penyerapan ion logam yang lebih banyak. Suhu tinggi menyebabkan kelarutan rendah sehingga banyak partikel-partikel garam kadmium yang mengendap di dasar media dan memengaruhi penyerapan logam yang akan semakin meningkat. Meningkatnya pH media tanam dapat memengaruhi konsentrasi Kadmium dalam jaringan tanaman yang akan semakin menurun (Muflikha, 2012).

### SIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan data hasil penelitian mengenai pengaruh konsentrasi, waktu detensi, serta interaksinya dapat disimpulkan bahwa pemberian berbagai konsentrasi larutan kadmium, waktu detensi, dan interaksi antara pemberian konsentrasi dan waktu detensi berpengaruh terhadap kandungan klorofil, akumulasi logam kadmium pada daun, serta pertumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Konsentrasi logam kadmium dan waktu detensi yang berpengaruh terhadap kandungan klorofil dan pertumbuhan tanaman kangkung air adalah konsentrasi 16 ppm dan 20 ppm dengan waktu detensi selama 14 hari.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anggarwulan E, Solichatun, 2007. Kajian Klorofil dan Karotenoid *Plantago major* L. dan *Phaseolus vulgaris* L. sebagai Bioindikator Kualitas Udara. *Biodiversitas*, Vol. 8 (4): 279-282.
- Darmono, 1995. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Jakarta: Unirvesitas Indonesia Press.
- Kholidiyah N, 2010. Respon Biologis Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* Solms) sebagai Biomonitoring Pencemaran Logam Berat Cadmium (Cd) dan Plumbum (Pb) pada Sungai Pembuangan Lumpur Lapindo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo. *Skripsi*. Dipublikasikan. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Margiati, 2006. Anatomi Akar, Batang, dan Daun Kangkung Air (*Ipomea aquatica* Forsk) di Kali Surabaya. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Muflikhah, 2012. Pemanfaatan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) dalam Mengurangi Kadar Logam Berat Kadmium pada Lumpur Lapindo Sebagai media Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Olivares E, 2003. The Effect of Lead on Phytochemistry of *Tithonia diversifolia*: Exposed to Roadside Automotive Pollution or Grown in Pots of Pb Supplemented Soil. *Brazilian Journal Plant Physiology*, 15(3): 149-158.
- Palar H, 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: Rineka Cipta
- Piotrowska A, Bajgus A, Zylkiewicz BG, Zambrzycka E, 2009. Changes in Growth, Biochemical Components, and Antioxidant Activity in Aquatic Plant *Wolffia arrhiza* (Lemnaceae) Exposed to Cadmium and Lead. *Springer Science*. 15: 31-37.
- Prasad DDK, Prasad ARK, 1990. Porphyrin metabolism in lead and mercury treated bajra (*Pennisetum typhoides*) seedlings. *Journal Biosci*, 14: 271-279.
- Priyanto B, Prayitno J, 2008. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat. Web publication <http://lil.bppt.tripod.com/sublab/lfloral.htm>. Diunduh tanggal 30 Oktober 2012.
- Purbonegoro T, 2008. Pengaruh Logam Berat Kadmium terhadap Metabolisme dan Fotosintesis di Laut. *Jurnal Oseana*, 33: 25-31.
- Rivera BF, Calantzis C, Turnau K, Caussanel JP, Belimov AA, Gianinazzi S, Strasser RJ, Gianinazzi PV, 2002. Cadmium accumulation and buffering of cadmium-induced stress by arbuscular mycorrhiza in three *Pisum sativum* L. genotypes. *Journal of Experimental Botany*, 53: 1177-1185.
- Rivero GC, Puzon JM, Alcantara HP, 2011. Tolerance Mechanism In Cadmium-Exposed *Eichhornia crassipes* Mart. Solms, A Phytoremediator. *Thesis*. Dipublikasikan. Philippines: University of the Philippines.
- Rochyatun E, Rozak A, 2007. Pemantauan Kadar Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Makara Sains* 11: 28-36.
- Salisbury FB, Ross CW, 1995. *Fisiologi Tumbuhan jilid I*. Bandung: ITB
- Upadhyaya MK, Kumar R, Kumar A, Gupta S, Kumari M, Singh A, Jain D, Verma HN, 2010. Optimization and characterization of an Extracellular Proteases from *Aspergillus flavus* "MTCC 277". *African Journal of Agricultural Research*, 5: 1845-1850.
- Wang KS, Huang LC, Lee HS, Chen PY, Chang SH, 2008. Phytoextraction of Cadmium by *Ipomoea aquatica* (Water Spinach) in Hydroponic Solution: Effects of Cadmium Speciation. *Chemosphere*, 72: 666-672.
- Widowati H, 2011. Pengaruh Logam Berat Kadmium dan Plumbum terhadap Perubahan Warna Batang dan Daun Sayuran. *El-Hayah*. 1: 167 - 173.