

Kemampuan Adaptasi Tumbuhan Tapak Dara Air (*Jussiaea repens*) terhadap Logam Berat Kadmium (Cd)

Adaptation Ability of (*Jussiaea repens*) on Heavy Metal Cadmium (Cd)

Noor Annisa Rachma*, Fida Rachmadiarti, Sunu Kuntjoro

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: annisa.rachma1991@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan adaptasi tumbuhan tapak dara air terhadap paparan logam berat Cd berbagai konsentrasi pada media tanam (*Jussiaea repens*) ditinjau dari panjang akar, berat basah, kadar klorofil total, dan penurunan kadar logam Cd pada media tanam. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 1 faktor perlakuan, yakni konsentrasi logam berat Cd sebesar 0 ppm; 1 ppm; 5 ppm; dan 10 ppm, dengan waktu detensi selama 10 hari. Data yang diperoleh berupa panjang akar, berat basah tumbuhan, penurunan kadar logam Cd pada media tanam; serta kadar klorofil total. Uji hipotesis dianalisis dengan ANAVA satu arah untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan panjang akar, berat basah, dan kadar klorofil total. Untuk penurunan kadar logam Cd pada media tanam, pH, suhu dan intensitas cahaya merupakan data pendukung yang dianalisis dengan metode deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan pada parameter panjang akar dan berat basah, terdapat perbedaan ditinjau dari parameter kadar klorofil total dan penurunan kadar logam Cd pada media tanamnya. Penurunan kadar klorofil total terbesar yakni pada perlakuan konsentrasi Cd sebanyak 10 ppm, sebesar 5,45 mg/l. Hasil rerata penurunan kadar logam Cd pada media tanam, paling optimal yakni pada perlakuan konsentrasi Cd 10 ppm, sebesar 7,67 dengan waktu detensi selama 10 hari. Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa tumbuhan tapak dara air memiliki kemampuan adaptasi terhadap cekaman logam Cd, seiring dengan semakin meningkatnya konsentrasi Cd pada media tanam.

Kata kunci: Logam berat Cd; tumbuhan tapak dara air (*Jussiaea repens*); tingkat adaptasi tumbuhan

ABSTRACT

This research aimed to describe the Jussiaea repens, plant adaptation exposed to Cd based on the growth of vegetative, the heavy metal Cd levels decrease in planting media and total chlorophyll levels. This experimental research conducted by using randomized group design, using 1 factor treatment, namely the concentration of Cd in 0 ppm; 1 ppm; 5 ppm; 10 ppm, with a time of detention for 10 days. The data consisted of the length of the roots; wet biomass; and total chlorophyll levels. Data were analyzed using one way ANOVA. Parameters related to planting media; pH, temperature, and the light intensity as supporting data were analyzed namely descriptive-quantitatively. The results showed that there were no differences in the length of roots and wet biomass among the four-treatments. However, the total chlorophyll levels and the heavy metal Cd levels decrease in planting media. The largest decrease of total chlorophyll levels were in the concentration of treatment of 10 ppm, namely Cd of 5.45 mg/l. The average of the decrease in the levels of metal Cd in the planting media, the most optimal treatment concentration of 10 ppm, Cd of 7.67 with time detention for 10 days. This research could prove that the Jussiaea repens plant has adaptability by taking action against exposure of heavy metals Cd, along with the increasing concentration of Cd that was given to the media.

Key words: heavy metal Cd; the ability of adaptation by plant; *Jussiaea repens*

PENDAHULUAN

Adaptasi tumbuhan terhadap suatu lingkungan merupakan rekayasa secara khusus terhadap sifat-sifat karakteristik morfologi dan fisiologi, untuk memberikan peluang keberhasilan dalam menyesuaikan diri pada suatu habitat tertentu. Oleh karena itu, adaptasi morfologi dan fisiologi dapat dijadikan indikator terhadap

perubahan lingkungan hidup tumbuhan (Haryanti dkk, 2009).

Salisbury dan Ross (1995) menyatakan bahwa sintesis klorofil sangat dipengaruhi oleh faktor keturunan, cahaya, dan ketersediaan mineral tertentu. Defisiensi unsur *Fe*, *Mn*, *K*, *Zn*, *N*, *Mg* memperlihatkan gejala klorosis atau *yellowing* sehingga daunnya tampak pucat. Adanya perubahan metabolit tumbuhan yang berbeda

akibat cekaman logam juga dapat ditunjukkan dengan perubahan kadar klorofil pada organ daunnya. Adanya pigmen klorofil akan memberi ciri warna hijau pada daun dan atau batang tumbuhan. Pigmen ini terdapat di dalam kloroplas, yang akan menyebabkan sel-sel memiliki kemampuan menyerap energi cahaya sehingga terjadi proses fotosintesis yang menghasilkan gula atau karbohidrat (Lakitan, 2008).

Banyak jenis tumbuhan yang tetap mampu untuk tumbuh pada suatu lahan yang terdapat kandungan logam berat seperti Pb, Cd, Hg, Ni, Cr serta jenis logam lain dalam jumlah yang tinggi. Logam berat seringkali dikeluarkan saat penyerapan oleh akar akibat adanya selektivitas membran sel akar (Widowati, 2011; Haryanti dkk, 2009). Alloway (2004) dalam Haryati (2012) menyatakan bahwa penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dibagi menjadi tiga proses yaitu, penyerapan (*absorbsi*) logam oleh akar, *translokasi* logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan *lokalisasi* logam pada bagian jaringan tertentu untuk menjaga agar tidak terjadi penghambatan pada proses metabolisme dalam tubuh tumbuhan tersebut. Setelah logam diserap oleh akar, dalam proses selanjutnya logam diangkut melalui jaringan pengangkut logam yang diikat oleh *fitokhelatin*.

Tapak dara air adalah jenis tumbuhan mengapung (*floating*). Tumbuhan ini merupakan gulma air yang tingkat pertumbuhannya sangat cepat. Akarnya merupakan dimorfi terdiri dari akar halus yang bercabang-cabang berfungsi untuk menyerap, akar yang lurus dan berukuran lebih besar berfungsi untuk mencengkramkan diri pada substrat, dan akar yang berbentuk gelendong yang disebut dengan aerofor (Boediono, 1997). Tumbuhan ini banyak ditemukan di saluran irigasi atau daerah pematasan, yang airnya telah tercemar, dengan indikator tumbuhan ini banyak ditemukan pada areal tercemar dengan kondisi kualitas airnya sebagai berikut; pH 2-5, suhu air 28°C, kadar DO 0,41. Akarnya menjadi tempat filtrasi dan adsorpsi padatan tersuspensi dan pertumbuhan mikroba yang dapat menghilangkan unsur-unsur hara dari air. Penelitian Yan *et al*, (1990) dalam Cheng (2003) menunjukkan bahwa tumbuhan *Jussiaea repens* mampu menyerap logam Cu dengan konsentrasi 0,5 mg/l di perairan pada kisaran 54-100%, dengan waktu detensi selama 6 hari. Tumbuhan ini memiliki peran yang penting dalam menyerap logam berat Cu di perairan. Selain itu, penelitian Tripathi dan Jaswant (2011) menunjukkan bahwa tumbuhan *Jussiaea repens*

mampu menyerap logam Pb sebesar 11 mg kg⁻¹ dengan nilai faktor translokasi (FT>1) sebesar 1,35.

Selain logam Cu dan Pb, logam berat yang banyak mencemari perairan adalah kadmium (Cd). Logam ini dapat terakumulasi dalam tubuh suatu organisme sehingga sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Pengaruh toksik logam Cd pada manusia diantaranya adalah kerusakan ginjal, jaringan testikular, sel-sel butir darah merah dan dapat merusak tulang (Palar, 2004). Berdasarkan paparan di atas, maka dilakukan penelitian tentang kemampuan adaptasi tumbuhan tapak dara air (*Jussiaea repens*) terhadap logam berat kadmium (Cd) dalam rangka menguji kemampuan adaptasi tumbuhan tapak dara air dalam menyerap logam kadmium (Cd) di perairan.

BAHAN DAN METODE

Tumbuhan tapak dara air (*Jussiaea repens*) yang digunakan diperoleh dari daerah Tawang Sari, Kecamatan Taman, Sidoarjo yang tumbuh secara bebas; logam berat Cd yang digunakan berupa larutan sintesis Cd jenis CdCl₂H₂O, dengan konsentrasi sebesar 1 ppm; 5 ppm; dan 10 ppm.

Penelitian ini menggunakan 1 faktor perlakuan, yakni menggunakan manipulasi konsentrasi logam berat Cd sebesar 0 ppm; 1 ppm; 5 ppm; dan 10 ppm, dengan waktu detensi selama 10 hari. Penelitian ini setiap perlakuan diulang 6 kali sehingga didapatkan 24 unit eksperimen. Sebelum perlakuan, tumbuhan tapak dara air diaklimatisasi, tumbuhan ditumbuhkan dalam air yang mengandung NPK dan setiap 2 hari sekali dilakukan pergantian air, aklimatisasi dilakukan selama 10 hari dengan sistem pencahayaan alami (sinar matahari), setelah 10 hari, tumbuhan dicuci dengan akuades hingga bersih, tumbuhan yang dipilih adalah tumbuhan berkondisi segar dan sehat serta tidak tercampur dengan varietas lain, selanjutnya tumbuhan tapak dara air siap diaplikasikan.

Media tumbuhan tapak dara air, berupa larutan sintesis Cd. Pembuatan media tanam dimulai dengan pembuatan larutan induk kadmium dengan konsentrasi 1000 ppm, kemudian diencerkan hingga konsentrasi mencapai 1 ppm; 5 ppm; dan 10 ppm, kemudian dimasukkan pada akuarium kaca uji masing-masing dengan penambahan akuades kemudian ditambahkan larutan *hoagland's* sebanyak 25% pada masing-masing media tanam. Pemberian larutan *hoagland's*, bertujuan untuk memberikan nutrisi kepada tanaman tapak dara air agar

tanaman ini tidak kekurangan unsur hara. Penimbangan berat awal tanaman, masing-masing sebesar 100 gram sebelum perlakuan, kemudian Tumbuhan yang telah ditimbang dimasukkan dalam akuarium yang sudah diberi media tanam dengan larutan sintesis Cd sebesar 0 ppm; 1 ppm; 5 ppm; dan 10 ppm, sesuai dengan kode perlakuan.

Pengukuran tingkat adaptasi tumbuhan tapak dara air (*Jussiaea repens*), diukur melalui panjang akar; berat basah; serta perubahan kadar klorofil total. Pengambilan data pertumbuhan vegetatif tumbuhan dan kadar klorofil total tingkat adaptasi tumbuhan dilakukan pada awal perlakuan dan akhir perlakuan setelah 10 hari waktu pemaparan dalam logam berat Cd.

Pengambilan data dilakukan pada awal penelitian dan akhir penelitian. Data yang diambil meliputi :data awal sebelum penelitian, pengukuran pH, suhu dan intensitas cahaya (sebagai data penunjang kualitas air). Kemudian, melakukan pengujian kadar logam Cd yang terdapat pada media tanam. Data akhir percobaan adalah pertumbuhan vegetatif tumbuhan tapak dara air berupa, panjang akar; berat basah; serta perubahan kadar klorofil total. Adapun langkah pengukurannya sebagai berikut; 1). Pengukuran panjang akar, 2). Penimbangan berat basah. 3).Pengukuran kadar klorofil total. Penghitungan kandungan klorofil daun ke-2 dari atas, kemudian menimbang 1 gram daun yang masih segar, kemudian dipotong kecil-kecil, setelah itu menggerusnya dalam lumping porselin sampai potongan tersebut menjadi halus. Langkah selanjutnya, gerusan daun tersebut diekstraksi dengan menggunakan 30 ml alkohol 95%. Penyaringan ekstrak tersebut dilakukan dengan menggunakan kertas saring sampai volume akhir filtrat mencapai 30 ml. Jika volume filtrat kurang dari 30 ml, maka ditambahkan kembali alkohol 95% sampai filtrat mencukupi volume. Pengukuran kadar klorofil filtrat tersebut dengan menggunakan alat Spektrofotometer pada

panjang gelombang 649 nm dan 655 nm. Sebelum pengukuran perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Larutan yang digunakan sebagai pelarut untuk kalibrasi adalah alkohol 95%. Melakukan pencatatan nilai absorbansi (*Optical Density*) larutan tersebut dan kadar klorofil total dihitung dengan menggunakan rumus Wintermans dan De Mots sebagai berikut: Klorofil total : $20,0 \times OD_{649} + 6,1 OD_{665}$ (mg/l) (Rahayu dkk., 2009).

Destruksi media tanam dengan cara air pada media tanam diambil sebanyak 50 ml, diletakkan pada *becker glass* yang berukuran 100 ml. Satu milimeter HNO₃ (1:1) ditambahkan ke dalam sampel, dipanaskan di atas *hot plate* dengan suhu 150°C dibiarkan sampai volumenya berkurang menjadi 10 ml. Sampel diambil dan didinginkan, ditambahkan akuades sampai volumenya bertambah menjadi 25 ml, disaring dan sampel siap diujikan.

Sampel diamati dengan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometer*) model AA-64015 merk Shimadzu, dengan terlebih dahulu membuat larutan standar kadmium (Cd), lalu hasil sampel dihitung konsentrasi kadmium (Cd) dalam satuan ppm dengan persamaan regresi yang diperoleh dari kurva kalibrasi.

HASIL

Pertumbuhan vegetatif tapak dara air ditinjau dari parameter pertumbuhan panjang akar dan berat basah, tidak menunjukkan adanya perbedaan secara signifikan. Namun, jika ditinjau dari parameter penurunan kadar klorofil total, menunjukkan adanya perbedaan secara signifikan dengan kelompok kontrol, walaupun tidak menunjukkan perbedaan secara nyata perlakuan antar variasi konsentrasi Cd (Tabel 1, Gambar 1). Di lain pihak, penurunan kadar logam Cd menunjukkan perbedaan signifikan dan menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan (Tabel 2, Gambar 2).

Tabel 1. Pengaruh pemberian berbagai konsentrasi Cd terhadap semua variabel respons tumbuhan tapak dara air setelah 10 hari waktu detensi

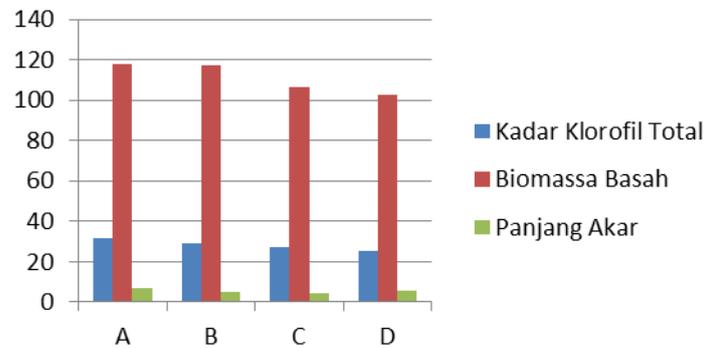
MacamVariabel Respons	Kode Perlakuan				Signifikasi	Notasi Duncan
	Kontrol (A)	1 ppm (B)	5 ppm (C)	10 ppm (D)		
Panjang Akar (cm)	2,9 ± 0,69	1,49 ± 0,31	1,35 ± 1,06	2,04 ± 1,26	ns	-
Berat basah (g)	118,06 ±4,86	117,24 ± 3,12	106,74 ± 7,01	102,48 ± 17,78	ns	-
Penurunan Kadar Klorofil Total (mg/l)	1,68 ± 1,32	1,46 ± 1,71	4,41 ± 5,66	5,45 ± 1,91	sig	Tidak berbeda nyata antar perlakuan

Keterangan: sig= signifikan; ns =non signifikan

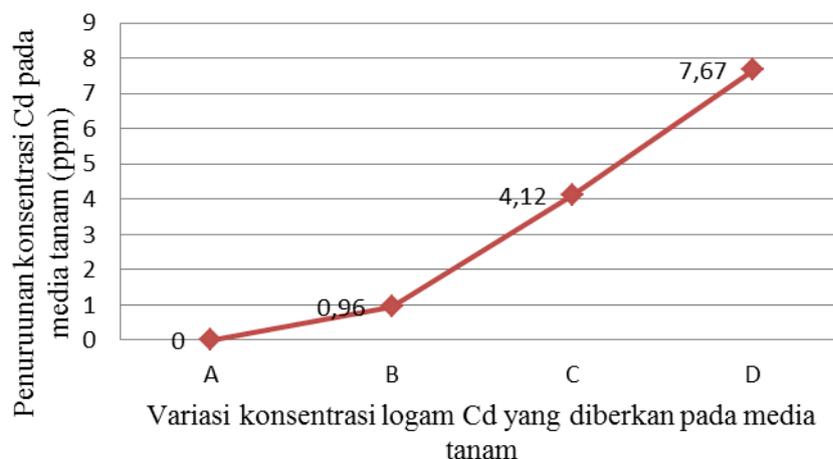
Tabel 2. Hasil analisis penurunan kadar logam Cd pada media tanam

Perlakuan	Rerata Penurunan Kadar Logam Cd (ppm)
Kontrol (A)	-
1 ppm (B)	$0,96 \pm 0,00061^a$
5 ppm (C)	$4,12 \pm 0,371^b$
10 ppm (D)	$7,67 \pm 0,147^c$

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang tidak sama, menunjukkan hasil yang berbeda nyata.



Gambar 1. Pengaruh pemberian berbagai konsentrasi Cd terhadap semua variabel respons tumbuhan tapak dara air setelah 10 hari waktu detensi; A: kontrol, B: konsentrasi Cd 1 ppm, C: konsentrasi Cd 5 ppm, D: konsentrasi Cd 10 ppm



Gambar 2. Hasil analisis penurunan kadar logam Cd pada media tanam; A: kontrol, B: 1 ppm, C: 5 ppm, D: 10 ppm

Terdapat pengaruh pemberian berbagai konsentrasi Cd terhadap kadar klorofil total, berat basah, dan pajang akar. Peningkatan konsentrasi Cd yang diberikan pada tumbuhan tapak dara air tidak menyebabkan (Tabel 1, Tabel 2, Gambar 1, Gambar 2) terjadinya penghambatan terhadap laju pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan yang cukup berarti, walaupun pada konsentrasi tertinggi, yaitu 10 ppm. Pada saat penelitian dilakukan, secara morfologis tumbuhan tapak dara air memiliki struktur tubuh yang kecil (kurus) namun memanjang, dengan bentuk akar

tanggung dan panjang, dan daun yang tumbuh cukup lebat.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan tapak dara air mampu beradaptasi secara morfologis oleh cekaman logam berat Cd yang diberikan (Tabel 1 dan Gambar 1). Hasil analisis menunjukkan bahwa pengaruh pemberian konsentrasi Cd terhadap berat basah dan panjang akar, tidak signifikan dengan kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak ada

pengaruh pemberian konsentrasi Cd terhadap berat basah dan panjang akar tumbuhan. Peningkatan konsentrasi Cd yang diberikan pada tumbuhan tapak dara air tidak menyebabkan terjadinya penghambatan terhadap laju pertumbuhan dan perkembangan pada berat basah dan panjang akarnya yang berarti, walaupun pada konsentrasi Cd yang tinggi yakni 10 ppm masih dapat bertahan hidup.

Terjadinya kenaikan biomassa seiring dengan peningkatan konsentrasi logam Cd yang diberikan, dikarenakan tumbuhan tapak dara air diasumsikan telah mampu untuk beradaptasi secara maksimal pada lingkungan tercekam. Adaptasi yang dilakukan oleh tumbuhan tapak dara air adalah dengan membentuk fitokhelatin. Tumbuhan tapak dara air memiliki kemampuan beradaptasi yang maksimal, hingga pada akhirnya menyebabkan pertumbuhan tumbuhan tidak terlihat mengalami penghambatan yang cukup berarti sehingga terjadi peningkatan pada biomasanya walaupun berada pada lingkungan tercekam logam Cd. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peristiwa penurunan kadar logam Cd secara signifikan pada media tanam, seiring dengan semakin meningkatnya konsentrasi Cd.

Hasil penelitian dengan analisis deskriptif, menunjukkan rerata penurunan kadar Cd pada media tanam sebesar 0,96-7,67, oleh tumbuhan tapak dara air dengan waktu detensi selama 10 hari. Rerata penurunan kadar Cd tertinggi pada media tanam yakni pada konsentrasi 10 ppm, dengan jumlah konsentrasi akhir sebesar 2,17 ppm. Semakin tinggi konsentrasi, maka rerata penurunan kadar logam Cd pada media tanam akan semakin meningkat. Penurunan kadar Cd pada media tanam disebabkan peran akar tumbuhan Tapak dara air menyerap ion toksik logam Cd dari media tanam dan mengakumulasi ion tersebut di dalam akar. Selain itu, menurunnya kadar Cd pada media tanam dimungkinkan karena peran akar sebagai rizodegradasi, yakni menstimulasi aktivitas mikroorganisme pada area rizosfer. Mikroorganisme tersebut akan mereduksi ion toksik logam Cd di media tanam (Paramita, 2012).

Pada hasil pengamatan panjang akar menunjukkan bahwa terjadi perubahan panjang akar yang tidak signifikan (Tabel 1 dan Gambar 1). Hal ini diduga karena akar merupakan organ penyokong, sehingga dalam keadaan apapun akan tetap tahan terhadap lingkungannya. Penyerapan hara dan logam pencemar yang terjadi akan ikut dalam aliran air dan atau dapat terakumulasi pada organ selain akar. Akar

merupakan organ tumbuhan yang berfungsi sebagai alat penyerapan air dan hara mineral dari medium habitatnya (Haryanti dkk, 2009). Penyerapan tersebut dapat berlangsung secara simplast maupun apoplast. Akar tapak dara air menyerap nutrisi dan ion toksik logam Cd yang terkandung di dalam media tanam air. Selanjutnya, tapak dara air melakukan fitoekstraksi, yakni mentranslokasikan ion toksik Cd ke dalam organ tumbuhan seperti akar, batang, dan daun. Logam berat Cd diserap oleh akar tumbuhan dalam bentuk ion-ion yang larut dalam air seperti unsur hara yang ikut masuk bersama aliran air. Selama proses penyerapan nutrisi, diikuti juga dengan penyerapan ion-ion Cd dan kadmium organik yang terlarut. Nutrisi dan ion-ion Cd yang berasal dari media tanam akan masuk melalui akar tapak dara air secara radial. Mekanisme masuknya ion Cd secara radial, dimulai dengan larutnya ion Cd bersama air menembus epidermis akar secara difusi dan osmosis (Salisbury dan Ross, 1995).

Hasil penelitian ini cukup membuktikan bahwa tumbuhan tapak dara air memiliki kemampuan adaptasi terhadap cekaman logam Cd, seiring dengan semakin meningkatnya konsentrasi Cd yang diberikan pada media tanam. Adanya kandungan logam Cd pada tubuh tumbuhan akan menyebabkan beberapa gangguan. Menurut Krupa *et al.* (1993) dalam Cho dan Julie (1999) menunjukkan bahwa tingginya kandungan logam Cd pada tumbuhan dapat mempengaruhi aktivitas enzim, transpor membran, transpirasi, dan penghambatan pembentukan klorofil yang dapat menyebabkan klorosis pada daun dan menurunnya laju fotosintesis pada tumbuhan. Peningkatan konsentrasi menyebabkan terjadinya perpindahan massa sehingga konsentrasi ion-ion Cd yang tinggi dari media tanam berpindah ke konsentrasi yang lebih rendah di dalam jaringan tapak dara air. Sebaliknya, potensial air di dalam jaringan tapak dara air lebih tinggi daripada potensial air di media tanam sehingga terjadi perpindahan partikel-partikel air dari dalam jaringan tapak dara air menuju ke media tanam. Kemudian, ion Cd bersama air akan masuk ke dalam jaringan korteks dan akan menuju ke jaringan xilem. Keberadaan pita kaspari pada sel-sel endodermis yang bersifat impermeabel menyebabkan pengangkutan ion Cd melalui lintasan apoplast, tidak dapat berlangsung sepenuhnya dari epidermis ke pembuluh xilem. Pengangkutan ion Cd selanjutnya dikendalikan oleh membran plasma sel-sel endodermis. Membran plasma sel endodermis mengendalikan laju pengangkutan dan jenis ion yang akan

diangkut ke pembuluh xilem, didalam membran ini terjadi akumulasi logam berat Cd ke dalam akar melalui bantuan transpor ligand dan selanjutnya akan membentuk transpor logam kompleks. Tumbuhan juga melakukan mekanisme penanggulangan terhadap toksisitas logam dengan cara melakukan lokalisasi logam Cd di dalam organ akar. Selanjutnya, ion-ion Cd pada xilem akar bergerak dalam lintasan menuju xilem batang dan menuju ke xilem daun (Salisbury dan Ross, 1995).

Logam Cd akan menembus plasmalemma, sitoplasma, dan tonoplasma untuk akhirnya dapat memasuki vakuola, hingga logam akan terakumulasi di dalam vakuola yang tidak akan berhubungan dengan proses fisiologis sel tumbuhan. Sekresi penyimpanan logam Cd dalam vakuola-vakuola bertujuan untuk mengurangi efek toksisitas logam Cd terhadap pertumbuhan sel, jaringan dan organ-organnya. Demikian, efek toksisitas logam Cd pada tumbuhan Tapak dara air akan menurun (Lakitan, 2008). Secara fisiologis efek logam seperti Cd dalam konsentrasi tinggi bagi tumbuhan, memaksa tumbuhan tersebut untuk bertoleransi dengan membentuk kompleks dengan ion logam itu dan mencegah reaksinya dengan bahan protoplasma yang peka seperti enzim. Sekresi (penyimpanan) logam itu dalam vakuola-vakuola juga dapat menurunkan efek beracunnya. Hal ini bertujuan untuk mengurangi efek toksisitasnya terhadap pertumbuhan sel, jaringan dan organ-organnya (morfogenesis) (Haryanti dkk, 2009). Gejala morfologis berupa klorosis pada daun merupakan gejala utama dan mudah terlihat akibat adanya toksisitas Cd pada jaringan tumbuhan. Klorosis merupakan suatu kemungkinan gejala yang ditimbulkan defisiensi fosfor atau adanya pengurangan transportasi terhadap unsur Mn (Godbold dan Hutterman, 1985 dalam Maria *et al.*, 2005). Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa terjadi penurunan kadar klorofil total tumbuhan tapak dara air yang terpapar logam berat Cd pada media tanam. Penurunan terbesar terdapat pada perlakuan konsentrasi Cd sebesar 10 ppm dengan waktu detensi 10 hari, dengan jumlah kadar klorofil total setelah perlakuan sebesar 5,45 mg/l. Pada perlakuan ini Cd terserap paling banyak dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Kadar klorofil total akan mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya kadar Cd (Olivares, 2003).

Proses penyerapan logam berat oleh tanaman air merupakan suatu proses yang pasif, artinya tidak terlihat dalam proses metabolisme sel. Logam berat yang diabsorpsi oleh tanaman masuk menuju ke tempat yang bersifat anion

dalam dinding sel dan tidak terlihat pada proses metabolisme. Hal ini dilakukan tumbuhan air sebagai bentuk suatu adaptasi terhadap logam berat di daerah sekitarnya.

Logam harus dibawa ke sekitar akar dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhnya agar tumbuhan dapat menyerap logam. Setelah logam dibawa masuk ke dalam akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut logam yang diikat oleh fitokhelatin. Fitokhelatin merupakan suatu peptida kecil yang kaya akan asam amino sistein yang mengandung sulfur dengan struktur umum $(\gamma\text{-Glu-Cys})_n\text{Gly}$. Beberapa ion logam seperti Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , dan Zn^{2+} , menginduksi sintesis fitokhelatin pada tumbuhan. Jika tumbuhan gagal mensintesis fitokhelatin maka pertumbuhannya akan terhambat atau kemudian mati. Konsentrasi-konsentrasi ion dalam cairan xilem yang lebih besar dibandingkan konsentrasi larutan diluarnya menimbulkan adanya potensial osmotik, sehingga menyebabkan penarikan air dari jaringan-jaringan sekitarnya, serta menghasilkan akar. Tekanan akar tersebut akan menekan cairan xilem dalam arah akropetal, membawa larutan cairan xilem bersama aliran transpirasi, sehingga dengan jalan demikian terjadi proses perpindahan ion-ion dari akar menuju bagian tanaman yang lebih tinggi (Loveless, 1987).

Kondisi fisik dan kimia lingkungan juga mempengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup tumbuhan tapak dara air serta laju akumulasi Cd, seperti pH dan suhu air. Kenaikan pH disebabkan adanya proses fotosintesis, denitrifikasi, pemecahan nitrogen organik dan reduksi sulfat (Jennie, 1993 dalam Fitriyah, 2011). Dalam penelitian ini nilai pH mempengaruhi kelarutan logam berat Cd, karena tidak ada pengadukan dalam perlakuannya menyebabkan logam berat Cd seluruhnya tidak larut dalam air tapi sebagian besar mengendap di sedimen. Naiknya pH akan menurunkan kelarutan oksigen air dan meningkatkan toksisitas logam berat Cd. Nilai pH dipengaruhi oleh suhu dan salinitas air. Dalam hal ini suhu mengalami penurunan, menyebabkan kenaikan kelarutan oksigen air sehingga nilai pH menjadi naik (basa). Hilangnya logam berat Cd dalam media tanam tidak seluruhnya diserap oleh tanaman ini disebabkan logam berat kadmium yang sudah masuk ke dalam tubuh tanaman akan diekskresi dengan cara mengugurkan daunnya yang sudah tua sehingga nantinya dapat mengurangi kadar logam kadmium (Priyanto dan Prayitno, 2008). Selain itu Cd tidak seluruhnya masuk ke dalam tanaman disebabkan karena pengendapan Cd yang berupa

molekul garam dalam air (Darmono, 1995). Semakin tinggi kadar Cd dalam media tanam, maka penurunan laju pertumbuhan tumbuhan tapak dara air semakin meningkat. Penurunan laju pertumbuhan tumbuhan tapak dara air terjadi karena logam Cd masuk dalam sel dan berikatan dengan enzim sebagai katalisator sehingga reaksi kimia di sel tumbuhan tapak dara air akan terganggu. Gangguan dapat terjadi pada jaringan epidermis, sponsa dan palisade. Kerusakan tersebut dapat ditandai dengan nekrosis dan klorosis pada tumbuhan tapak dara air (Palar, 2004).

SIMPULAN

Terdapat perbedaan pertumbuhan vegetatif yakni pada panjang akar dan berat basah tumbuhan tapak dara air (*Jussiaea repens*) sebagai indikator adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan yang terpapar berbagai konsentrasi kadmium (Cd) pada media tanam. Terdapat perbedaan kadar klorofil total tumbuhan tapak dara air akibat pemberian berbagai konsentrasi Cd pada media tanam. Semakin tinggi konsentrasi, maka semakin menurun kadar klorofil totalnya. Hasil penurunan kadar logam Cd pada media tanam paling optimal yakni pada perlakuan konsentrasi Cd 10 ppm, dengan rata-rata sebesar 7,67 dan persentase penurunan sebesar 76,65% dengan waktu detensi selama 10 hari. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa tumbuhan tapak dara air memiliki kemampuan adaptasi terhadap cekaman logam Cd, seiring dengan semakin meningkatnya konsentrasi Cd yang diberikan pada media tanam.

DAFTAR PUSTAKA

- Cheng S, 2003. Heavy Metals in Plants and Phytoremediation (*Review article*), Hal. 336-340.
- Cho U dan Julie P, 1999. Distribution and Phytotoxicity of Cadmium in Tomato Seedlings. *Journal of Plant Biology*, 42(1):49-56.
- Boediono JD, 1997. Struktur Anatomi dan Perkembangan Daun *Jussiaea repens* (Non Forst) L. Akibat Kondisi Terganggu. *Tesis*. Tidak Dipublikasikan. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Darmono, 1995. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI-Press.
- Fitriyah U, 2011. Potensi Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) Sebagai Bioabsorber Timbal (Pb) Dalam Air. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Haryati M, 2012. Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis flava* (L.) Buch) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas Pada Biomassa Dan Waktu Pemaparan Yang Berbeda. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Haryanti S, Hastuti BR, Hastuti ED, Nurchayati Y, 2009. Adaptasi Morfologi Fisiologi dan Anatomi Eceng Gondok Tercemar. (online). Diakses tanggal 30 Mei 2013.
- Lakitan B, 2008. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Loveless A.R, 1987. *Prinsip-Prinsip Biologi Tumbuhan Untuk Daerah Tropik*. Jakarta: PT. Gramedia.
- María PB, Susana M. Gallego, María LT, 2005. Cadmium Toxicity in Plants: *Brazilian Journal of Plant Physiology*, ISSN 1677-0420.
- 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*.
- Palar, 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Paramita RA, 2012. Profil Protein Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatic*) Yang Terpapar Logam Pb. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Priyanto B. dan J Prayitno, 2008. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat. (online). <http://lfl.bppt.tripod.com/sublab/lfloral.html>. Diakses tanggal, 01 Desember 2012.
- Rahayu S, Budipramana L, Yuliani, 2009. *Petunjuk Praktikum Fisiologi Tumbuhan*. Surabaya: Unesa Press.
- Salisbury FB dan Ross CW, 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid I, II, dan III*. Diterjemahkan oleh Dian R.Lukman dan Sumaryono. Bandung: ITB.
- Tripathi dan Singh J, 2012. Arsenic Accumulation in Native Plants of West Bengal, India: Prospects For Phytoremediation but Concern with The Use of Medicinal Plants. *Environ Monit Assess*. 184: 2617-2631.
- Widowati H, 2011. Pengaruh Logam Berat Cd, Pb Terhadap Perubahan Warna Batang Dan Daun Sayuran. Pengaruh logam berat. *El-Hayah*. 1(4):167-173..