

Kemampuan Tapak Dara Air (*Ludwigia adscendens*) sebagai Fitoremediator dalam Menurunkan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Perairan yang Tercemar Lumpur Lapindo, Sidoarjo

*The Ability of Water Primrose (*Ludwigia adscendens*) as a Fitoremediator to Reduce Cadmium in Waters Contaminated Lapindo Mud, Sidoarjo*

Amrina Rosyada* dan Tarzan Purnomo

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: amrinarosyada95@gmail.com

ABSTRAK

Perairan yang dialiri lumpur lapindo mengandung logam berat kadmium (Cd) dapat memengaruhi ekosistem perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengaruh biomassa, waktu detensi serta interaksi biomassa dan waktu detensi terhadap persentase penyerapan Cd dalam akar, penurunan Cd pada media tanam, dan pertumbuhan tapak dara air (*Ludwigia adscendens*). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga kali pengulangan. Penelitian ini memiliki dua faktor perlakuan yaitu biomassa tapak dara air 0 gram, 50 gram, 100 gram, 150 gram dan waktu detensi 7 dan 14 hari. Parameter yang diamati meliputi persentase penyerapan Cd dalam akar, penurunan Cd pada media, dan biomassa akhir tapak dara air. Analisis data persentase penyerapan Cd, penurunan Cd, dan biomassa akhir menggunakan Uji Anava dua arah dilanjutkan dengan Uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomassa, waktu detensi serta interaksi antara biomassa dan waktu detensi memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap persentase penyerapan Cd dalam akar, penurunan Cd pada media, dan biomassa tapak dara air. Penyerapan Cd dalam akar tapak dara air terbaik pada biomassa 150 gram dan waktu detensi 14 hari yaitu sebesar 96%. Penurunan kadar Cd pada media tanam tertinggi terjadi pada biomassa 150 gram dan waktu detensi 14 hari sebesar 95%. Biomassa akhir terbaik pada perlakuan biomassa 150 gram dan waktu detensi 7 hari sebesar 158,67 gram.

Kata kunci: lumpur lapindo; fitoremediasi Cd; tapak dara air.

ABSTRACT

The Lapindo mudflows streaming to waters body containing cadmium can affect aquatic ecosystem. The study aims to describe the effect of biomass and detention time on Cd absorption percentage in root, Cd value on the media and plant growth. The research was conducted experimentally using Randomized Block Design using two factor and three repetitions. The first factor was biomass that were 0 gram, 50 gram, 100 gram, 100 gram biomass. The second factor was detention time namely 7 and 14 days. The parameters observed include percentage of Cd absorption in the roots of water primrose, percentage of Cd concentration on media and plant biomass. Data was analyzed using Two-way Anova test and followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The result showed that biomass, detention time and interaction of biomass and detention time give significant effect on Cd absorption in root, Cd concentration on media, and plant biomass. The most optimal absorption of Cd in root occurs in 150 gram biomass and 14 days detention time equal to 96%. The decrease of Cd on media optimal in 150 gram biomass and 14 days detention time equal to 95%. The plant biomass after treatment optimal on 150 gram biomass and 7 days detention time equal to 158,67 gram.

Key words: lapindo mud; cadmium phytoremediation; water primrose.

PENDAHULUAN

Bencana lumpur lapindo merupakan semburan lumpur yang berasal dari luapan lumpur di daerah Porong, Sidoarjo sejak tahun 2006 dan berlanjut hingga sekarang. Volume semburan lumpur mencapai 160.000 m³ per hari dan menggenangi lebih dari 6,5 km² lahan (Nuraini dan Prasetya, 2015). Beberapa upaya dilakukan guna menanggulangi luapan lumpur. Salah satunya dengan membangun tanggul di sekitar

pusat semburan lumpur agar tidak menggenangi pemukiman dan lingkungan warga sekitar. Namun volume semburan lumpur yang bertambah setiap hari mengakibatkan pembangunan tanggul tidak dapat membendung lumpur dalam waktu lama. Upaya lain yang dilakukan adalah pembuangan lumpur yang dialirkan melalui pipa-pipa menuju perairan (Khoiroh, 2014).

Pembuangan lumpur ke badan perairan akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Effendi (2003) menyatakan bahwa masuknya bahan pencemar ke badan perairan dapat mempengaruhi kualitas perairan. Berdasarkan penelitian Wahana Lingkungan Hidup Indonesia (WALHI) (Anonim, 2013) menyatakan bahwa area luberan lumpur dan Sungai Porong sebagai area buangan lumpur lapindo telah tercemar logam berat kadmium (Cd). Purnomo (2014) menyatakan bahwa kadar Cd dalam perairan yang tercemar lumpur lapindo mencapai 0,018-0,080 ppm. Kadar Cd yang terkandung dalam air tersebut melebihi nilai ambang batas maksimum Cd di perairan sebesar 0,01 ppm sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 82 Tahun 2001.

Palar (2012) menyebutkan bahwa kelarutan Cd pada badan perairan yang melebihi konsentrasi tertentu dapat mengakibatkan kematian biota perairan. Konsentrasi Cd pada rentang 0,005-0,15 ppm dapat membunuh *Crustacea* dalam rentang waktu 24-54 jam, apabila konsentrasi Cd di badan perairan sebesar 0,0028-4,6 ppm; maka biota *Oligochaeta* dalam rentang waktu 24-96 jam akan mengalami kematian. Ikan mas yang terpapar Cd sebesar 1,029-1,104 ppm di perairan akan mati dalam waktu 96 jam, sedangkan serangga (*insecta*) akan mengalami kematian apabila Cd terlarut di perairan sebesar 0,003-18 ppm dalam rentang waktu 24-672 jam.

Cara mengatasi dampak pencemaran logam Cd yang terkandung dalam lumpur lapindo dapat dilakukan dengan fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan suatu metode untuk menurunkan, menghilangkan dan memperbaiki perairan maupun tanah yang terkontaminasi bahan pencemar baik senyawa organik maupun anorganik menggunakan tumbuhan (Karam *et al.*, 2016 dan Truu *et al.*, 2015). Beberapa tumbuhan yang mampu menyerap logam berat di antaranya kangkung (*Ipomea aquatica*), genjer (*Limnocharis flava* (L.) Buch.) dan semanggi (*Marsilea crenata* Presl.) (Rachmadiarti dkk, 2012).

Salah satu tumbuhan yang dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi logam berat adalah tapak dara air. Rachma dkk (2014) melaporkan bahwa tumbuhan tapak dara air yang ditumbuhkan secara hidroponik pada beberapa larutan Cd sintesis memiliki kemampuan adaptasi terhadap cekaman logam Cd. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang kemampuan kemampuan tapak dara air sebagai fitoremediator dalam menurunkan logam berat kadmium (Cd) pada perairan yang tercemar lumpur lapindo, Sidoarjo.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental. Waktu penelitian dilakukan pada bulan April hingga Juni 2017 bertempat di *Green House* Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya. Analisis kandungan logam berat dengan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) dilakukan di Laboratorium Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga, Surabaya.

Alat yang digunakan pada penelitian ini di antaranya akuarium kaca dengan panjang 20 cm, lebar 30 cm dan tinggi 40 cm, neraca elektrik, gelas ukur 1000 mL, kertas label, luxmeter, termometer, pH meter, *hot plate*, mortar, gelas beaker, kertas saring, *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Adapun bahan yang dibutuhkan air yang tercemar lumpur lapindo, tumbuhan tapak dara air, aquades.

Penelitian ini dilakukan melalui 3 tahap. Tahap pertama adalah tahap persiapan yaitu aklimatisasi tapak dara air dan pembuatan media tanam. Tahap aklimatisasi dilakukan dengan menanam tapak dara air pada media 4 L air suling selama 7 hari. Sampel tumbuhan tapak dara air yang dipilih memiliki ciri daun berwarna hijau segar tidak mengalami klorosis dan nekrosis, panjang batang 20-25 cm. Aklimatisasi ini bertujuan untuk mengadaptasikan tumbuhan tapak dara air pada media yang tidak tercemar logam Cd di lingkungan *Green House*. Tapak dara air yang telah diaklimatisasi kemudian dianalisis kadar logam Cd awal sebelum diberi perlakuan. Langkah selanjutnya yaitu pembuatan media tanam. Media air yang tercemar lumpur lapindo yang telah diambil dari perairan Desa Gempolsari, Sidoarjo dimasukkan ke dalam akuarium kaca. Total volume media tanam untuk masing-masing unit perlakuan sebanyak 4 L (Haryati dkk, 2013).

Tahap kedua yaitu tahap pelaksanaan penelitian yang dimulai dengan menimbang berat awal tapak dara air yang telah diaklimatisasi sebesar 0 gram, 50 gram, 100 gram dan 150 gram. Tumbuhan tapak dara air yang telah ditimbang selanjutnya dimasukkan dalam akuarium kaca yang sudah diisi dengan media tanam air yang tercemar lumpur lapindo.

Tahap ketiga yaitu tahap pengambilan data yang dilakukan sebelum dan setelah perlakuan. Data yang diamati meliputi kadar Cd pada media, kadar Cd dalam akar, biomassa akhir setelah perlakuan, dan data penunjang berupa pH, suhu, serta intensitas cahaya. Pengambilan data dilakukan pada hari ke-0, hari ke-7 dan hari ke-14. Adapun kadar logam Cd pada media tanam dan akar tumbuhan tapak dara air dianalisis

menggunakan AAS. Uji hipotesis tentang pengaruh biomassa dan waktu detensi terhadap persentase penyerapan Cd dalam akar, penurunan Cd pada media dan biomassa akhir menggunakan analisis varian dua arah, dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Rate Test* (DMRT). Pengukuran suhu, pH dan intensitas cahaya digunakan sebagai data pendukung yang dianalisis secara deskriptif kualitatif.

Langkah-langkah analisis kadar logam Cd pada media tanam dan akar tumbuhan tapak dara air diawali dengan destruksi media dan akar. Destruksi media tanam berupa air diambil sebanyak 50 mL kemudian dimasukkan dalam *beaker glass* ukuran 100 mL dan ditambah 1 mL HNO₃. Sampel selanjutnya panaskan dengan suhu 150°C di atas *hot plate* hingga volumenya berkurang menjadi 10 mL. Sampel kemudian didinginkan dan ditambah akuades hingga volumenya menjadi 25 mL selanjutnya disaring. Filtrat yang telah disaring kemudian diujikan kadar logam Cd menggunakan metode AAS. Adapun langkah destruksi sampel akar tumbuhan tapak dara air yang telah diberi perlakuan selama 7 dan 14 hari diambil, dipotong kacil-kecil, dimasukkan cawan petri, dibungkus aluminium foil, kemudian dikeringkan dengan suhu 150°C menggunakan oven selama 1,5 jam. Akar yang kering selanjutnya ditimbang 5 gram, dimasukkan ke gelas beaker dan ditambah akuades hingga volumenya mencapai 50 mL. HNO₃ pekat ditambahkan pada sampel tanaman dan dipanaskan di *hot plate* hingga volume larutan berkurang 75%. Sampel kemudian didinginkan dan ditambah akuades hingga menjadi 50 mL kemudian disaring. Akar tumbuhan tapak dara air yang sudah didestruksi kemudian diujikan kadar logam Cd menggunakan metode AAS. Hasil uji kadar logam Cd pada media dan akar (ppm) kemudian dihitung persentasenya (Reksa dkk, 2015 dan Purnamawati dkk, 2015) dengan rumus:

$$\text{Penyerapan Cd dalam akar (\%)} = \frac{b-a}{c} \times 100\%$$

$$\text{Penurunan Cd pada media (\%)} = \frac{c-d}{c} \times 100\%$$

Keterangan:

a : kadar Cd akar sebelum perlakuan (ppm)

b : kadar Cd akar setelah perlakuan (ppm)

c : kadar Cd media sebelum perlakuan (ppm)

d : kadar Cd media setelah perlakuan (ppm)

HASIL

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa biomassa tapak dara air, waktu detensi serta interaksi antara biomassa dan waktu detensi berpengaruh secara nyata terhadap persentase penyerapan logam Cd dalam akar, penurunan Cd pada media dan pertumbuhan. Persentase penyerapan Cd akibat pengaruh perbedaan biomassa dengan waktu detensi disajikan pada Tabel 1.

Hasil uji Duncan pada taraf signifikansi 0,05 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan secara nyata pada perlakuan biomassa 0 gram, 50 gram, 100 gram dan 150 gram dengan waktu detensi 7 dan 14 hari. Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 1) menunjukkan bahwa persentase penyerapan Cd dalam akar tapak dara air meningkat seiring dengan penambahan biomassa dan waktu detensi. Semakin tinggi biomassa dan waktu detensi maka akumulasi Cd pada akar semakin meningkat. Penyerapan Cd optimal pada perlakuan biomassa 50, 100 dan 150 gram dengan waktu detensi 14 hari berturut-turut 84%, 93% dan 96%.

Peningkatan penyerapan Cd dalam akar seiring dengan penurunan Cd pada media tanam (Tabel 2). Hasil uji DMRT dengan taraf signifikansi 0,05 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan secara nyata pada perlakuan biomassa 0 gram, 50 gram, 100 gram dan 150 gram untuk waktu detensi 7 dan 14 hari terhadap persentase penurunan Cd pada media tanam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penurunan Cd pada media tanam cenderung mengalami peningkatan seiring dengan penambahan biomassa dan waktu detensi.

Tabel 1. Rerata persentase penyerapan Cd (%) dalam akar tapak dara air akibat pengaruh perbedaan biomassa dan waktu detensi

Waktu detensi	Biomassa (gram)			
	0	50	100	150
7	0±0,00 ^{aA}	50±0,080 ^{bA}	54±0,125 ^{cA}	80±0,156 ^{dA}
14	0±0,00 ^{aB}	84±0,122 ^{eB}	93±0,025 ^{fB}	96±0,072 ^{gB}

Keterangan: Angka yang diikuti notasi abjad yang tidak sama pada kolom dan baris menunjukkan hasil yang berbeda nyata menurut Uji Duncan's pada taraf uji 0,05. Notasi huruf kecil menunjukkan biomassa, huruf besar menunjukkan waktu detensi.

Tabel 2. Rerata persentase penurunan Cd (%) pada media air yang tercemar lumpur lapindo akibat pengaruh perbedaan biomassa dan waktu detensi

Waktu detensi	Biomassa (gram)			
	0	50	100	150
7	0±0,00 ^{aA}	34±0,056 ^{bA}	37±0,0,060 ^{cA}	48±0,062 ^{dA}
14	0±0,00 ^{aB}	82±0,015 ^{eB}	90±0,015 ^{fB}	95±0,010 ^{gB}

Tabel 3. Biomassa akhir (gram) tanaman tapak dara air akibat pengaruh biomassa dan waktu detensi

Waktu detensi	Biomassa (gram)			
	0	50	100	150
7	0±0,00 ^{aB}	50,67±1,52 ^{cB}	103,33±4,04 ^{eB}	158,67±10,06 ^{gB}
14	0±0,00 ^{aA}	47,67±2,88 ^{bA}	86,33±11,23 ^{dA}	123,33±17,03 ^{fA}

Keterangan: Angka yang diikuti notasi abjad yang tidak sama pada kolom dan baris menunjukkan hasil yang berbeda nyata menurut Uji Duncan's pada taraf uji 0,05. Notasi huruf kecil menunjukkan biomassa, huruf besar menunjukkan waktu detensi.

Tabel 4. Perubahan pH, suhu dan intensitas cahaya pada media perairan yang tercemar lumpur lapindo di akhir perlakuan

Perlakuan biomassa (gram)	Parameter	Satuan	Waktu detensi (hari)			Rata-rata	Baku mutu
			0	7	14		
0	pH		6,7	6,7	6,7	6,7	5-9
	Suhu	°C	30	32,67	28	30,22	Deviasi 3
	Intensitas cahaya	candela	675	726,33	572,33	657,87	
50	pH		6,7	7,37	7,57	7,21	5-9
	Suhu	°C	30	32,67	28	30,22	Deviasi 3
	Intensitas cahaya	candela	675	513,33	586,67	591,67	
100	pH		6,7	7,47	7,73	7,27	5-9
	Suhu	°C	30	33	28	33,33	Deviasi 3
	Intensitas cahaya	candela	675	685	516	625,33	
150	pH		6,7	7,47	7,87	7,35	5-9
	Suhu	°C	30	33	28	30,33	Deviasi 3
	Intensitas cahaya	Candela	675	434	496,67	535,223	

Keterangan: Baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

Penurunan Cd dalam akar tapak dara air mengalami peningkatan. Semakin tinggi biomassa dan waktu detensi maka penurunan Cd pada media tanam semakin meningkat. Penurunan Cd optimal pada perlakuan biomassa 50 gram, 100 gram dan 150 gram dengan waktu detensi 14 hari berturut-turut 82%; 90% dan 95% (Tabel 2). Berdasarkan analisis data dapat diketahui bahwa peningkatan penyerapan logam Cd oleh akar tapak dara air seiring dengan penurunan Cd pada media tanam, namun berbanding terbalik dengan pertumbuhan yang dilihat dari biomassa akhir apak dara air (Tabel 3).

Hasil uji DMRT pada taraf signifikansi 0,05 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada perlakuan biomassa dan waktu detensi terhadap pertumbuhan tapak dara air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan

tapak dara air cenderung mengalami penurunan seiring waktu detensi yang lebih lama yaitu 14 hari. Semakin tinggi biomassa dan waktu detensi maka biomassa tapak dara air semakin menurun. Pertumbuhan optimal pada perlakuan biomassa 50 gram, 100 gram, dan 150 gram dengan waktu detensi 14 hari berturut-turut rerata biomassa akhirnya 47,67 gram, 86,33 gram, dan 123,33 gram.

Adapun faktor fisik dan kimia lingkungan meliputi suhu, pH dan intensitas cahaya diukur saat awal dan akhir perlakuan (Tabel 4). Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan keadaan faktor fisik dan kimia lingkungan selama penelitian mengalami perubahan. Perubahan tersebut berupa peningkatan pH pada media tanam, pada awal perlakuan pH sebesar 6,7 namun pH akhir berkisar 6,7-7,87 sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan pemerintah. Rerata suhu awal perlakuan sebesar

30°C namun pada hari ke 14 menjadi 28°C. Intensitas cahaya selama perlakuan berkisar 434-726,33 candela.

PEMBAHASAN

Logam kadmium (Cd) merupakan salah satu contoh logam non esensial bagi tumbuhan dan ditemukan dalam perairan yang tercemar lumpur lapindo. Kandungan logam Cd dalam perairan yang tercemar lumpur lapindo sebesar 0,75 ppm telah melampaui Nilai Ambang Batas (NAB) baku mutu menurut PP No 82 Tahun 2001, hal ini membuktikan bahwa perairan yang tercemar lumpur lapindo telah tercekam logam berat Cd. Menurut Rochyatun dan Rozak (2007) Cd yang terakumulasi dalam perairan akan mengendap di dasar perairan dan membentuk senyawa kompleks dengan bahan organik dan anorganik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perairan yang tercemar lumpur lapindo setelah diberi perlakuan tapak dara air dengan biomassa dan waktu detensi yang berbeda, dalam waktu 14 hari penyerapan Cd dalam akar mencapai 50-96%. Penyerapan Cd optimal pada biomassa 150 gram dan waktu detensi 14 hari mencapai 96%. Hal ini dimungkinkan karena tapak dara air mampu hidup hidup dan beradaptasi terhadap kondisi lingkungan tercekam logam Cd. Haryati dkk (2012) menjelaskan bahwa paparan lingkungan yang tercemar logam berat mengakibatkan suatu tumbuhan melakukan mekanisme adaptasi untuk bertahan hidup.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penyerapan Cd dalam akar akibat perlakuan biomassa baik pada waktu detensi 7 hari maupun 14 hari. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi biomassa tanaman dan waktu detensi maka penyerapan Cd dalam akar semakin meningkat. Pernyataan ini diperkuat dengan pernyataan Fritioff *et al.* (2005) bahwa tanaman yang memiliki biomassa tinggi dapat mengakumulasi logam lebih besar daripada tanaman biomassa rendah karena peningkatan area serapan sehingga penyerapan logam meningkat. Peningkatan area serapan dapat dilihat dari pemanjangan akar tapak dara air.

Berdasarkan hasil dan analisis data, diketahui bahwa penyerapan Cd dalam waktu 14 hari lebih besar daripada 7 hari. Pada waktu detensi 14 hari logam Cd yang terserap 84-96% sedangkan pada waktu detensi 7 hari Cd yang terserap 50-80%. Hal ini dikarenakan efektifitas penyerapan logam Cd dipengaruhi oleh lama waktu detensi, dan umur tumbuhan. Waktu detensi Cd menentukan lama kontak antara ion Cd dengan permukaan akar tapak dara air, sehingga semakin lama waktu

detensi maka semakin tinggi penyerapan Cd (Prayudi dkk, 2015). Pada tumbuhan muda, kebutuhan nutrisi akan lebih banyak karena masih pada fase pertumbuhan sehingga penyerapan nutrisi dalam air juga tinggi, yang secara tidak langsung disertai masuknya ion logam Cd melalui akar (Palar, 2012).

Penyerapan logam Cd dalam akar pada biomassa 150 gram dan waktu detensi 14 hari mencapai 96%. Pada tapak dara air kadar logam Cd di bagian akar tinggi dikarenakan akar merupakan bagian tanaman yang berinteraksi secara langsung dengan ion Cd melalui rizosfer. Kadar logam yang tinggi dalam media tanam menyebabkan akar menarik logam dengan konsentrasi yang besar dibandingkan dengan bagian lain dari tanaman tersebut (Liong dkk, 2009).

Masuknya logam Cd menuju akar dalam bentuk ion Cd^{2+} berlangsung secara pasif. Pergerakan air dan ion-ion Cd tersebut masuk menembus akar secara radial melalui jalur simplas dan apoplas menuju pembuluh xilem. Jalur simplas merupakan jalur pergerakan air dan ion-ion terlarut melalui sitoplasma sel yang terhubung oleh plasmodesmata, sedangkan jalur apoplas adalah jalur pergerakan air dan ion-ion terlarut melewati dinding sel, epidermis atau sel-sel korteks. Namun pengangkutan ion Cd melalui jalur apoplas terhambat karena terdapat pita kaspari yang bersifat impermeabel. Pengangkutan air dan ion-ion terlarut selanjutnya melalui plasma sel-sel endodermis atau plasmodesmata (Lakitan, 2009; Taiz dan Zeiger, 2002; Song *et al.*, 2016). Ion Cd yang tidak dapat menembus pita kaspari akan terakumulasi di dekat endodermis. Sebagian besar Cd diakumulasi dalam vakuola akar, sedangkan sisanya sebesar 2% ditranslokasi menuju batang dan daun serta trikoma (Song *et al.*, 2016).

Ion-ion Cd yang telah terserap oleh akar akan ditransport menuju sel daun melalui transpor *ligand* pada akar. *Ligand* tersebut dapat berupa senyawa pengkelat seperti asam organik dan asam amino misalnya fitokhelatin, glutatation dan thiol. Adanya transpor ligan pada akar akan mengikat logam sehingga terbentuk kompleks *ligand-metal* untuk menghindari interaksi dengan senyawa seluler (Lin dan Aarts, 2012). Kompleks *ligand-metal* yang sampai di sel daun akan melalui plasmalema, sitoplasma dan tonoplasma untuk menuju vakuola. Kompleks *ligand-metal* tersebut selanjutnya bereaksi dengan akseptor terminal *ligand* membentuk akseptor kompleks logam, sehingga kompleks *ligand* terlepas dan akseptor kompleks logam terakumulasi dalam vakuola (Song *et al.*, 2016; Lin dan Aarts, 2012).

Kemampuan penyerapan dan akumulasi logam Cd pada jaringan tapak dara air dipengaruhi oleh kandungan enzim ATP sulfurylase dan serine acetyltransferase. Enzim ATP sulfurylase berfungsi untuk mengkatalisis reaksi pertama dalam asimilasi sulfat organik dan mengaktifkan SO_4^{2-} untuk biosintesis glutation. Keberadaan enzim serine acetyltransferase mengkatalisis reaksi pembentukan O-asetil-L-serin dari L-serin dan asetil-CoA untuk biosintesis sistein (Guo *et al.*, 2009). Adanya mekanisme pengikatan Cd dengan asam amino sebagai agen pengkhelat menyebabkan tapak dara air mampu bertahan hidup pada kondisi perairan yang tercemar Cd di atas ambang batasnya (Darmono, 1995).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerapan dan akumulasi kadmium pada akar tapak dara air diimbangi dengan penurunan kadar Cd pada media tanam. Interaksi antara biomassa tapak dara air sebesar 150 gram dengan waktu detensi 14 hari menunjukkan bahwa penurunan kadar Cd yang tertinggi dibandingkan dengan interaksi antara biomassa dan waktu detensi lain. Pada interaksi perlakuan biomassa 150 gram dengan waktu detensi 14 hari dapat menurunkan kadar Cd pada media hingga 95%. Penyerapan Cd yang bersamaan dengan air, hara dan bahan organik yang ada pada media menyebabkan turunnya kadar Cd pada media tanam. Taiz dan Zeiger (2002) menyebutkan bahwa penyerapan logam Cd dalam akar bersamaan dengan masuknya air dan unsur hara dikarenakan terdapat perbedaan potensial air. Perbedaan potensial air media tanam yang lebih tinggi dari potensial air akar menyebabkan air bersamaan dengan ion Cd akan bergerak masuk menuju ke akar yang potensial airnya lebih rendah.

Data hasil penelitian menunjukkan bahwa cekaman logam Cd pada perairan lumpur lapindo memengaruhi pertumbuhan tapak dara air. Rendahnya laju pertumbuhan tanaman terjadi karena logam Cd masuk dalam sel dan berikatan dengan enzim sebagai katalisator sehingga reaksi kimia di sel tanaman tapak dara air akan terganggu (Haryati, 2012). Adapun respon tapak dara air menghadapi cekaman logam berat, yaitu: 1) Ameliorasi dengan mengabsorpsi ion dan melakukan mekanisme untuk meminimalkan pengaruhnya, dengan pembentukan khelat, pengenceran, lokalisasi dan ekskresi yang dilakukan dengan cara menggugurkan daun yang sudah tua, 2) Toleransi, melakukan metabolisme agar mampu bertahan pada lingkungan toksik (Fitter dan Hay, 2001).

Penurunan biomassa akhir disebabkan semakin banyak Cd yang terserap sehingga mempengaruhi metabolisme tumbuhan. Penurunan biomassa tapak dara air terjadi dipengaruhi oleh adanya toksisitas Cd yang menyebabkan antara lain 1) sukar mendapatkan air karena pengaruh ion kadmium yang terlarut dalam air memiliki kadar yang tinggi, 2) sulit memperoleh hara karena adanya kompetisi penyerapan antara ion logam dan unsur hara dari media kompleks yang mengandung ion hara esensial maupun non esensial serta senyawa organik, 3) sulitnya mendapatkan CO_2 yang dibutuhkan dalam fotosintesis karena keberadaan logam Cd dapat mengganggu proses pembukaan dan penutupan stomata pada daun, sehingga proses fotosintesis tidak akan berjalan secara maksimal (Caroline dan Moa, 2015).

Faktor fisik dan kimia lingkungan juga mempengaruhi penyerapan logam dalam akar dan pertumbuhan diantaranya intensitas cahaya, suhu, dan pH. Intensitas cahaya yang tinggi mengakibatkan suhu media tanam air yang tercemar lumpur lapindo meningkat (Muflikah, 2012). Peningkatan suhu akan mempercepat penyerapan ion logam (Fritioff *et al.*, 2005). Kelarutan ion logam dalam air memengaruhi pH air. Air yang mengandung kadar logam tinggi, pH-nya akan turun (asam). Semakin rendah kadar kadmium pada media, maka semakin tinggi pH (basa). Kenaikan pH akan menurunkan kelarutan logam dalam air, karena akan mengubah logam dari bentuk karbonat menjadi bentuk hidroksi yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air (Palar, 2012).

Berdasarkan analisis data dapat diketahui bahwa peningkatan penyerapan logam Cd oleh akar tapak dara air sebanding dengan penurunan Cd pada media tanam, namun berbanding terbalik dengan pertumbuhan tapak dara air. Hal ini membuktikan bahwa tumbuhan tapak dara air memiliki kemampuan sebagai fitoremediator dalam menurunkan logam berat kadmium (Cd) pada perairan lumpur lapindo, Sidoarjo. Fitoremediasi logam Cd pada perairan yang tercemar lumpur lapindo efektif pada biomassa 150 gram dengan waktu detensi 14 hari.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang kemampuan tapak dara air sebagai fitoremediator dalam menurunkan logam berat Cd pada perairan lumpur lapindo dapat disimpulkan bahwa biomassa tapak dara air, waktu detensi serta interaksi antara biomassa dan waktu detensi berpengaruh terhadap persentase penyerapan Cd

dalam akar, persentase penurunan Cd pada media dan pertumbuhan tapak dara air. Persentase penyerapan Cd tertinggi pada biomassa 150 gram dan waktu detensi 14 hari yaitu sebesar 96%. Persentase penurunan Cd tertinggi pada media tanam adalah perlakuan biomassa 150 gram dan waktu detensi 14 hari sebesar 95%. Pertumbuhan optimal pada biomassa 150 gram dan waktu detensi 7 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2013. *Zat Berbahaya Lumpur Lapindo*. <http://balitbang.jatimprov.go.id/berita/detail/info-penelitian/415>. Diunduh tanggal 1 Februari 2017.
- Caroline J, Moa GA, 2015. Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan. *Makalah Utama*. Disampaikan pada Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan Institut Teknologi Adhi Tama, Surabaya Maret 2015.
- Darmono, 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Effendi H, 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fritioff A, Kautsky L, Greger M, 2005. Influence of Temperature and Salinity on Heavy Metal Uptake by Submerged Plants. *Environmental Pollution Elsevier Journal*, 133: 265-274.
- Guo W, Liang J, Yang X, Chao Y, Feng Y, 2009. Response of ATP sulfurylase and serine acetyltransferase towards cadmium in hyperaccumulator *Sedum alfredii* Hance. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 10 (4): 251-257.
- Haryati M, Purnomo T, Kuntjoro S, 2013. Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L.) Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan Yang Berbeda. *Lentera Bio*, 1 (3): 131-138.
- Karaam DS, Rajoo KS, Muharram FM, Ismail A, 2016. Phytoremediation Studies on Soils Contaminated With Heavy Metals in Malaysia. *American-Eurasian Journal Agricultural & Environmental Science*, 16(8): 1504-1514.
- Khoiroh Z, 2014. Bioremediasi Logam Berat Timbal (Pb) dalam Lumpur Lapindo Menggunakan Campuran Bakteri (*Pseudomonas pseudomallei* dan *Pseudomonas aeruginosa*). *Jurnal UIN Maulana Malik Ibrahim*, 3: 134-138.
- Lakitan B, 2009. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Lin YF, Aarts MGM, 2012. The Molecular mechanism of Zinc and Cadmium Stress Response in Plants. *Cellular and Molecular Life Science Journal*. 69: 3187-3206.
- Liong S, Alfian N, Paulina T, Hazirin Z, 2009. Dinamika Akumulasi Kadmium pada Tanaman Kangkung Darat. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Monita R, Purnomo T, Budiono D, 2015. Kandungan Klorofil Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Akibat Pemberian Logam Kadmium (Cd) pada Berbagai Konsentrasi. *Lentera Bio*, 2 (3): 247-251.
- Palar H, 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Prayudi M, Zubair A, Maricar I, 2015. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Cr dengan Tumbuhan Akar Wangi pada Media Tanah Berkompos. *Jurnal Universitas Hasanuddin*.
- Purnamawati FS, Soeprobawati TR, Izzati M, 2015. Potensi *Chlorella vulgaris* Beijerinck dalam Remediasi Logam Berat Cd dan Pb Skala Laboratorium. *Jurnal BIOMA*, 16 (2): 102-113.
- Purnomo T, 2014. Cadmium And Lead Content In Aquatic Ecosystem, Brackishwater Ponds And Fish In Areas Affected Lapindo Mud. *Makalah Utama*. Disampaikan pada Proceeding of International Conference On Research, Implementation And Education Of Mathematics And Sciences, Yogyakarta 18-20 Mei 2014.
- Rachma AA, Rachmadiarti F, Kuntjoro S, 2014. Kemampuan Adaptasi Tumbuhan Tapak Dara Air (*Jussiaea repens*) terhadap Logam Berat Kadmium (Cd). *Lentera Bio*, 3 (1): 14-19.
- Rachmadiarti F, Soehono LA, Utomo WH, Yanuwiyadi B, Fallowfield H, 2012. Resistance of Yellow Velvetleaf (*Limnocharis flava* (L.) Buch.) Exposed to Lead. *Journal of Applied environmental and Biological Science*. 2 (6): 210-215.
- Reksa A, Zubair A, Riswal K, 2015. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Cd dan Cr dengan Menggunakan Tanaman Vetiver pada Media Tanah Lanau. *Jurnal universitas hasanuddin*.
- Rochayatun E, Rozak A, 2007. Pemantauan Kadar Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Makara Journal of Science*, 11 (11): 28-36.
- Song Y, Jin L, Wang X, 2016. Cadmium Absorption and Transportation Pathways in Plants. *International Journal of Phytoremediation*. 2: 1522-1529.
- Taiz L, Zeiger E, 2002. *Plant Physiology*. Massachusetts: Inc. Publishers Sunderland.
- Truu J, Truu M, Espenberga M, Nõlvaka H, Juhanson J, 2015. Phytoremediation And Plant-Assisted Bioremediation In Soil And Treatment Wetlands: A Review. *The Open Biotechnology Journal*, 9: 85-92.
- Upadhyay 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 (14): 1845-1850.