



Biosorpsi Kadmium pada Berbagai Konsentrasi Awal dan Tingkat Pertumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)

*Biosorption of Cadmium at Various Levels of Concentration and Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) Growth*

Noviana Nurfarida¹, Asrul Sahri Siregar¹, Agung Dhamar Syakti², Nuning Vita Hidayati^{1 3*}

¹Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah

²Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, Kepulauan Riau

³Pusat Studi Biosains Maritim (PSBM), Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah

*Corresponding Author: nuning.hidayati@unsoed.ac.id

Diterima: 02 Februari 2022; Disetujui: 27 Februari 2022

ABSTRAK

Kadmium (Cd) merupakan salah satu unsur pencemar perairan yang bersifat toksik dan dapat mengancam keseimbangan ekologi dan kelangsungan hidup biota perairan. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang mampu mengurangi konsentrasi logam kadmium pada wilayah perairan tertentu. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan diantaranya adalah melalui teknik biosorpsi menggunakan tanaman air seperti Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan *P.stratiotes* pada berbagai tingkat pertumbuhan dalam menyerap logam Cd dengan berbagai konsentrasi awal yang berbeda. Eksperimen dilakukan dengan rancangan faktorial. Konsentrasi awal yang digunakan yaitu 2,5 mg/L, 5 mg/L, 7,5 mg/L, 10 mg/L, sedangkan faktor tingkat pertumbuhannya yaitu *P.stratiotes* yang berukuran muda, sedang, dan tua. Analisis Cd dilakukan dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *P. stratiotes* mampu mengabsorpsi logam berat kadmium sebesar 1,41 – 4,57 mg/L ($58,1 \pm 14,2$) dengan kombinasi perlakuan terbaik pada *P.stratiotes* muda dengan konsentrasi 2,5 mg/L.

Kata kunci : biosorpsi, kadmium, kayu apu (*P.stratiotes*), fitoremediasi, logam berat

ABSTRACT

Cadmium (Cd) is one of the water pollutants that is toxic and can threaten the ecological balance and the survival of aquatic biota. Therefore, technology is needed to reduce the concentration of cadmium metal in contaminated water areas. One approach that can be done is through biosorption techniques using water plants such as Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). This study aims to determine the ability of *P.stratiotes* at various growth rates to absorb Cd with different initial concentrations. Experiments were carried out with a factorial design. The initial concentrations used were 2.5 mg / L, 5 mg / L, 7.5 mg / L, 10 mg / L, while the growth rate factor was young, medium, and old *P.stratiotes*. Cd analysis was performed using *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). The results showed that *P. stratiotes* was able to absorb heavy metal cadmium from 1.41 to 4.57 mg / L (58.1 ± 14.2) with the best treatment combination on young *P. stratiotes* with a concentration of 2.5 mg / L.

Keywords : biosorption, cadmium, kayu apu (*P. stratiotes*), phytoremediation, heavy metal

PENDAHULUAN

Kadmium (Cd) merupakan logam yang sangat penting dan banyak kegunaannya, khususnya untuk *electroplating* (pelapis elektrik) serta galvanisasi, karena Cd memiliki keistimewaan nonkorosif. Zat ini adalah logam berwarna putih, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan kadmium oksida bila dipanaskan (Sharma et al, 2015). Cd juga termasuk logam yang berbahaya dan bersifat toksik bagi kehidupan manusia maupun biota (Kalman et al., 2010). Keberadaan logam ini di lingkungan berasal dari dua sumber, yaitu pertama proses alamiah seperti pelapukan, secara kimiawi, dan geokimia, yang kedua karena adanya kegiatan manusia terutama dari hasil limbah industri (Thornton, 1992).

Logam Cd dapat menimbulkan pencemaran bagi badan perairan. Kelarutan Cd yang berupa ion bebas pada konsentrasi tertentu melalui aliran air masuk ke dalam insang yang dapat membunuh biota perairan. Toksisitasnya juga dapat menyebabkan gangguan terhadap kesehatan manusia yang dapat menyebabkan penyakit paru-paru, hati, tekanan darah tinggi, gangguan pada sistem ginjal dan kelenjar pencernaan serta mengakibatkan kerapuhan pada tulang. (Palar, 1994).

Upaya pengelolaan terhadap lingkungan yang terkontaminasi logam Cd dapat dengan pengolahan secara sederhana, salah satunya yaitu dengan biosorpsi yang melibatkan biomassa tanaman akumulator (Ahalya et al., 2005). Penggunaan tanaman air sebagai alternatif untuk mengurangi pencemaran logam berat digunakan karena sifat tumbuh dan perkembangbiakannya yang cepat serta tidak memerlukan

perlakuan dan lingkungan hidup yang khusus.

Jenis tanaman air seperti kayu apu (*Pistia stratiotes*) merupakan tanaman yang digunakan sebagai *bioaccumulator* karena tingkat pertumbuhannya tinggi dan kemampuannya untuk menyerap hara langsung dari kolom air. Tanaman kayu apu (*P. stratiotes*) mempunyai keunggulan seperti daya berkecambah yang tinggi, tingkat absorpsi atau penyerapan unsur hara dan air yang besar, mudah ditemukan, dan daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim. Akarnya menjadi tempat filtrasi dan absorpsi padatan tersuspensi dan pertumbuhan mikroba yang dapat menghilangkan unsur-unsur hara dari air (Suryati, 2003).

Ada berbagai tingkatan umum yaitu, muda, sedang, dan tua. Pada kenyataannya, banyak faktor yang mempengaruhi kemampuan tanaman dalam menyerap dan mengakumulasi logam dalam jaringannya, bukan hanya pada pemilihan jenis tanaman dan tingkat pertumbuhannya, tetapi juga konsentrasi logam berat tersebut (Huang, 2000, dalam Vara Prasad et al., 2003).

Hasil penelitian terdahulu dari Indrasti et al. (2012), tanaman air (*Eichornia crassipes*) yang ditanam di media yang hanya mengandung logam Cd terlihat lebih terhambat pertumbuhannya. Hal ini ditunjukkan dengan pertumbuhan yang tidak normal, daun berwarna hijau muda dan ukurannya lebih kecil dari ukuran normal (3-6 cm). Akar tidak tumbuh dengan baik, berwarna ungu kecoklatan dengan panjang 3-7 cm. Tanaman tetap bisa tumbuh pada konsentrasi 0,5-5 mg/L, namun pada konsentrasi 10 mg/L tanaman sudah tidak mampu untuk tumbuh. Sehingga dalam penelitian ini akan diuji

cobakan dengan menggunakan tanaman *P. stratiotes*.

Qian *et al.* (2003), menjelaskan bahwa *P.stratiotes* memiliki kemampuan sebagai *bioaccumulator*. *P.stratiotes* dilaporkan memiliki daya serap yang baik pada bagian akarnya (Satyakala *et al.*, 1992). Maine *et al.* (2001) melaporkan bahwa *P. stratiotes* memiliki kinerja dan tingkat pertumbuhan relatif dan rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang air lainnya seperti *Salvinia herzogii*, *Hydromistia stolonifera* dan *Eichhornia crassipes*.

Hasil penelitian Ulfin (2001), mengemukakan bahwa *P. stratiotes* mengandung fitokelatein yang dihasilkan pada bagian akar tanaman, yaitu suatu protein yang terdiri dari atom belerang pada sistem yang berfungsi untuk mengikat logam berat. Hasil penelitiannya 75 gr/L *P. stratiotes* yang ditanam dalam larutan ion logam Cd mampu mengasorpsi ca 70,6 % dengan jumlah total konsentrasi 10 ppm.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut secara umum diketahui bahwa besarnya kemampuan penyerapan logam oleh tanaman air dipengaruhi oleh konsentrasi logam, pH larutan, jumlah dan jenis tanaman yang digunakan, waktu penyerapan, keberadaan logam lain (Ulfin., 2001). Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap kemampuan *P.stratiotes* dalam menyerap logam Cd dengan berbagai konsentrasi awal dan tingkat pertumbuhan.

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk memberikan informasi kepada masyarakat luas bahwa *P. stratiotes* dapat menyerap logam berat seperti Cd sesuai dengan tingkat

pertumbuhannya, sehingga tumbuhan ini dapat dimanfaatkan untuk mengurangi pencemaran di perairan.

MATERI DAN METODE

Metode dan Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan dasar Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor yaitu konsentrasi awal dan tingkat pertumbuhan. Konsentrasi awal yang digunakan yaitu 2,5 mg/L, 5 mg/L, 7,5 mg/L, 10 mg/L, sedangkan faktor tingkat pertumbuhannya yaitu kayu apu (*P.stratiotes*) yang muda, sedang, tua dengan biomassa sama 150 gr sesuai hasil pengukuran (Liani, 2004). Penelitian ini dilakukan pengulangan untuk konsentrasi awal sebanyak 4 perlakuan dengan masing-masing tingkat pertumbuhan yaitu, muda, sedang, tua sebanyak 3 kali ulangan, jadi jumlah seluruhnya ada 36 sampel.

Parameter Penelitian

Parameter utama yang digunakan pada penelitian ini adalah kandungan logam berat Cd pada larutan setelah diberi perlakuan oleh *P. stratiotes* dengan konsentrasi awal yang berbeda dengan tingkat pertumbuhan yang berbeda dengan biomassa yang sama. Parameter pendukung yang digunakan adalah biomassa akar dan panjang akar.

Persiapan Kultur Tanaman

Tanaman *P.stratiotes* yang akan digunakan diambil dari daerah persawahan, setelah dicuci bersih dipelihara di dalam bak selama 1 minggu dalam media sesuai dengan perlakuan tanpa kontaminan dan ditambah pupuk NPK (Gambar 1). Pupuk NPK yang digunakan sebanyak 1 ml/5L air (Indrasti *et al.*, 2012). *P. stratiotes* yang mempunyai morfologi yang baik, selanjutnya digunakan untuk penelitian.



Gambar 1. Proses Aklimatisasi

Penentuan Biomassa Tanaman dan Pengukuran Panjang Akar

Penentuan biomassa tanaman di timbang sesuai ukurannya, yaitu muda, sedang, dan tua dengan berat biomassa 150 g. Kemudian masing-masing diukur panjang akar terlebih dahulu sebelum tanaman dimasukkan kedalam media tanam (Gambar 2).

Persiapan Penanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes*) Pada Media

Setelah seminggu diaklimatisasi tanaman dicuci bersih, dan kemudian *P. stratiotes* muda ditanam pada wadah yang berisi larutan logam Cd 2,5mg/L, 5 mg/L, 7,5 mg/L, 10 mg/L Perlakuan juga dilakukan pada *P.stratiotes* yang sedang dan tua.

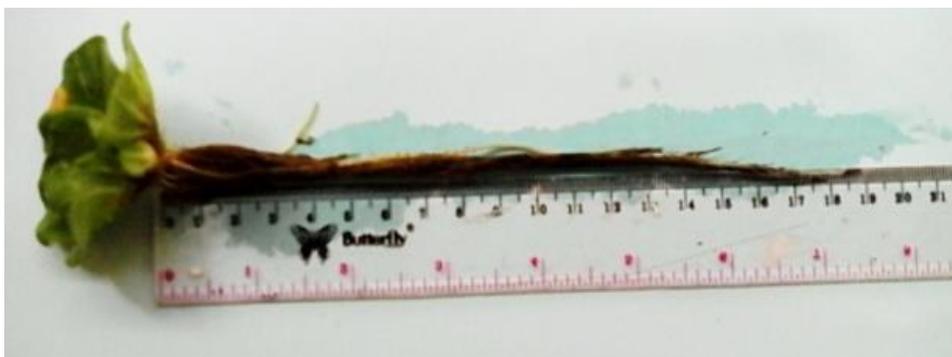
Pengenceran Larutan Kadmium (Cd) dan Pembuatan Larutan Cd dengan pH 6

Serbuk CdNO₃ dilarutkan dengan aquabides sebanyak 1L. Kemudian Mengencerkan larutan induk Cd 100 mg/L menjadi 10 mg/L dalam 100 mL larutan, maka akan didapatkan larutan Cd dengan

konsentrasi 2,5 mg/L; 5 mg/L; 7,5 mg/L; 10 mg/L. Larutan Cd yang telah dibuat diukur dengan menggunakan pH meter untuk mengetahui pH awal larutan tersebut. Seluruh larutan tersebut kemudian dibuat menjadi larutan dengan pH 6 dengan menambahkan larutan HCl 0,01 N dan NaOH 0,01 N. Larutan HCl digunakan untuk menurunkan pH dan larutan NaOH digunakan untuk menaikkan pH.

Pengambilan dan Pengukuran sampel air pada wadah Percobaan

Kayu Apu (*P.stratiotes*) dibiarkan tumbuh selama 1 minggu. Dalam kurun waktu 1 minggu tersebut volume air dalam wadah perlakuan harus dalam jumlah tetap. Setelah 2 minggu penanaman, air dalam masing - masing wadah diambil dengan menggunakan botol sampel dan kandungan Cd diukur dengan *Atomic Absorbtion Spectrofotometer* (AAS) dengan prosedur yang sama pada uji pendahuluan.



Gambar 2. Pengukuran panjang akar

Pengukuran konsentrasi Cd dilakukan dengan menggunakan kurva kalibrasi dari larutan standar logam dan larutan sampel. Absorban diamati dengan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 228,8 nm untuk Cd. Nilai absorban yang didapatkan merupakan rata-rata dari nilai absorban hasil pengukuran. Penentuan kadar Cd dalam larutan sampel didapatkan dengan jalan mengganti variabel “y” dalam persamaan garis regresi linier dengan nilai absorban dari larutan sampel. **Penimbangan akhir Biomassa Total dan Biomassa Akar, dan Pengukuran akhir panjang akar**

Setelah perlakuan selesai, masing-masing tanaman yang terdapat dalam media di timbang biomassa total total dan biomassa akarnya. Untuk pengukuran biomassa total, *P. stratiotes* di timbang secara keseluruhan, sedangkan untuk pengukuran biomassa akar, *P. stratiotes* dipotong akarnya, kemudian akarnya ditimbang. Pengukuran panjang akar diukur sama seperti pada uji pendahuluan.

Pengukuran Kandungan Kadmium (Cd)

Larutan Cd yang telah diberi perlakuan absorben diukur dengan metoda *Flame Atomic Absorption Spectrophotometry* menggunakan seperangkat alat AAS yang memiliki tingkat ketelitian 10^{-4} mg/L. Filtrat hasil preparasi, masing-masing dihisap dengan selang respirator sebanyak 20 ml dan dimasukkan ke dalam nebulizer, kemudian dikabutkan dan diuapkan. Uap yang terbentuk dibakar dengan nyala api burner dan diikuti terjadinya proses atomisasi, kemudian disinari dengan sinar katoda pada panjang gelombang tertentu. Logam Cd diukur pada panjang gelombang 228,8 nm dan kuat arus 10 mA (Astuty, 2011). Hasil serapan lampu akan ditangkap oleh detektor. Nilai absorban sampel maupun larutan standar akan muncul pada

layar AAS, disertai persamaan garis (Elmer, 1996).

Analisis Data

Data absorpsi logam Cd yang diperoleh dianalisis dengan ANOVA dengan menggunakan Uji F untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan yang diberikan. Apabila memberikan pengaruh nyata ($F_{hitung} > 0,05$), maka dilakukan Uji BNJ (Beda Nyata Jujur) untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan yang dicobakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan Biosorpsi Logam Cd oleh Tanaman Kayu Apu (*P. stratiotes*) Sesuai dengan Tingkat Pertumbuhan dan Konsentrasi awal

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tanaman kayu apu (*P. stratiotes*) dalam menyerap logam Cd dengan melakukan variasi tingkat pertumbuhan (muda, sedang, tua) dan konsentrasi kadar logam Cd sebelum dilakukan proses biosorpsi adalah 2,5 mg/L, 5 mg/L, 7,5 mg/L, 10 mg/L. Hasil setelah perlakuan dengan *P. stratiotes* disajikan dalam Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, kemampuan absorpsi logam Cd oleh *P. stratiotes* sesuai tingkat pertumbuhan (muda, sedang, dan tua) memperlihatkan bahwa, pada semua perlakuan konsentrasi 2,5 – 10 mg/L terjadi absorpsi berkisar 1,12 – 4,56 mg/L (44,8-78,4%). Pada kontrol (tanpa tanaman) konsentrasi 7,5 mg/L dan 10 mg/L mengalami penurunan, sehingga pada konsentrasi tersebut dikonversikan dengan semua perlakuan.

Kemampuan absorpsi pada media dengan *P. stratiotes* muda memiliki nilai rata-rata sebesar $60 \pm 13,7\%$ dan diketahui lebih besar dibandingkan dengan kemampuan kontrol (tanpa *P. stratiotes*) yang hanya bernilai $0,8 \pm 1,1\%$. Hal ini menandakan adanya pengaruh penambahan *P. stratiotes* yang mampu mengabsorpsi logam Cd.

Tabel 1. Presentase rata-rata konsentrasi logam Cd yang terabsorpsi dan residual oleh *P. stratiotes*

Ukuran	Konsentrasi awal (mg/L)	Cd Absorpsi (mg/L)	Cd terabsorpsi (%)	Rataan \pm Std Absorpsi (%)	Cd Residual (mg/L)	Cd Residual (%)
Kontrol	2,5	0	0	0,8 \pm 1,1	2,5	100
	5,0	0	0		5	100
	7,5	0,06	0,8		7,44	99,2
	10	,024	2,4		9,76	99,2
Muda	2,5	1,96	78,4	60 \pm 13,7	0,56	22,4
	5,0	2,78	55,6		2,42	48,4
	7,5	4,52	60,8		2,92	39,3
	10	4,56	46,7		5,19	53,2
Sedang	2,5	1,58	63,3	44,5 \pm 14,7	0,94	37,7
	5,0	1,98	39,6		3,22	64,4
	7,5	3,76	50,5		3,69	49,5
	10	2,89	29,6		6,86	70,3
Tua	2,5	1,12	44,8	35,3 \pm 15,8	1,41	56,4
	5,0	1,32	26,4		3,88	77,6
	7,5	3,31	44,5		4,13	55,5
	10	2,58	26,4		7,18	73,6

Kemampuan ini juga ditunjukkan pada perlakuan media dengan *P. stratiotes* sedang yaitu dengan rata-rata 44,5 \pm 14,7% yang memiliki nilai lebih besar dari absorpsi kontrol. Hal yang sama juga terlihat pada kemampuan absorpsi *P. stratiotes* tua yaitu 35,3 \pm 15,8%, dimana memiliki nilai lebih besar dibandingkan kontrol, tetapi paling kecil dibandingkan dengan perlakuan menggunakan *P. stratiotes* dengan tingkat pertumbuhan sedang dan tua.

Faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan logam Cd yaitu tingkat pertumbuhan, konsentrasi awal dan biomassa akar. Tingkat pertumbuhan tanaman sangat mempengaruhi penurunan logam. Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat pada kemampuan absorpsi tertinggi yaitu pada perlakuan yang diberi *P. stratiotes* yang muda. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tua umur maka kemampuan

absorpsinya semakin menurun (Widyanto dan Susilo, 1977).

Konsentrasi awal logam juga menyebabkan kemampuan absorpsi tanaman berbeda. Hal ini disebabkan adanya proses difusi. Ulfen (2005) menyatakan bahwa proses difusi ini yaitu Bergeraknya ion logam Cd dari konsentrasi media yang pekat ke konsentrasi yang lebih encer yaitu dalam membran sel tanaman. Tanaman dapat mengakumulasi senyawa logam berat tersebut dengan mengubahnya menjadi fase cair kedalam metabolisme sel dengan berbagai tahap yang berbeda-beda, sehingga konsentrasi lebih kecil dibandingkan dengan hari sebelumnya. Hal ini berakibat logam Cd yang diserap juga semakin kecil dibandingkan dengan media konsentrasi yang lebih besar, dan apabila konsentrasi yang akan diserap kecil maka jaringan sel pada akar mempunyai konsentrasi yang tidak jauh berbeda

dengan konsentrasi media. Kondisi ini ion logam Cd pada media yang masuk kedalam membran sel akar akan mengalami difusi yang kecil, sehingga dengan konsentrasi yang berbeda pada media hasil penyerapannya juga akan berbeda.

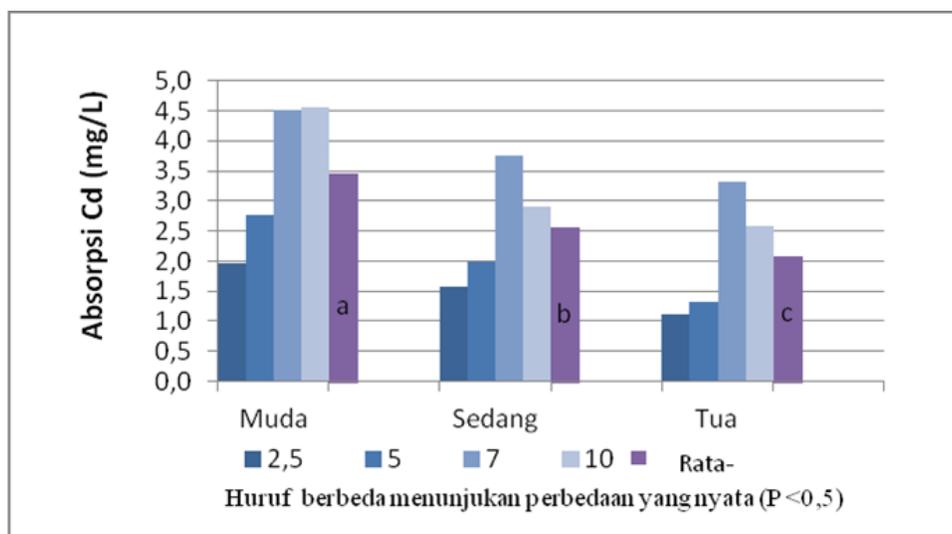
Biomassa akar juga mempengaruhi kemampuan absorpsi tanaman. Hal ini ditunjukkan pada *P.stratiotes* yang muda, mempunyai biomassa akar lebih banyak dibandingkan dengan yang sedang dan tua dalam 150 g, dikarenakan jumlah anakannya lebih banyak, sehingga kemampuan absorpsinya lebih tinggi. Penelitian Suryati (2003) bahwa, bagian tanaman yang menyerap konsentrasi logam paling tinggi adalah pada akar, sehingga semakin banyaknya biomassa akar, maka kemampuan absorpsi tanaman juga semakin tinggi.

Faktor lain yang menyebabkan penurunan logam adalah sifat alami tumbuhan yaitu kecepatan tumbuh, dan panjang akar, kebutuhan makanan untuk metabolisme. Kecepatan pertumbuhan tanaman mempengaruhi kemampuan absorpsinya. Tanaman pada saat menyerap logam berat, akan membentuk suatu enzim

reduktase di membran akarnya. Reduktase ini berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui mekanisme khusus di dalam membran akar. Pada saat terjadi translokasi di dalam tubuh tanaman, logam yang masuk ke dalam sel akar, selanjutnya diangkut ke bagian tumbuhan yang lain melalui jaringan pengangkut yaitu *xylem* dan *floem*. Agar meningkatkan efisiensi pengangkutan logam diikat oleh molekul kelat. Hal ini menyebabkan kecepatan tumbuh tanaman terhambat dikarenakan metabolismenya terganggu (Nopriani, 2011).

Panjang akar pada media juga mempengaruhi kemampuan absorpsi tanaman. Beberapa tanaman mempunyai sistem perakaran yang agak pendek dan yang lain mempunyai sistem perakaran yang dalam. Tanaman dengan sistem perakaran yang panjang dapat menyerap air lebih banyak dibandingkan dengan sistem perakaran yang pendek (Mahendra, 2009).

Tanaman juga membutuhkan nutrisi untuk kebutuhan metabolisme, seperti pertumbuhan vegetatif (pembesaran tubuh) dan pertumbuhan generatif



Gambar 3. Grafik Cd yang Terabsorpsi oleh *P.stratiotes* sesuai dengan tingkat pertumbuhan (muda, sedang, tua).

(berkembangbiak). Apabila kebutuhan tercukupi maka akan menciptakan pertumbuhan yang normal, sehingga kemampuan absorpsinya meningkat. Sinar matahari juga berpengaruh terhadap metabolisme dalam tanaman untuk dapat melakukan penyerapan dengan sempurna (Ulfin, 2005). Kemampuan *P. stratiotes* dalam menyerap logam juga dikarenakan *P.stratiotes* mempunyai senyawa fitokelatein yang berfungsi untuk mengikat unsur logam dan membawanya ke dalam sel melalui peristiwa transpor aktif. Tumbuhan akuatik ini mampu mendepositkan ion-ion logam berat ke dalam dinding sel, vakuola, dan lapisan sitoplasma yang akan berikatan dengan gugus sulfhidril (-SH) atau asam organik lainnya (Moenandir, 1990 dalam Rahmadiyah, 2000).

Absorpsi logam Cd oleh *P. stratiotes* Sesuai dengan Tingkat Pertumbuhan

P. stratiotes dengan berbagai tingkat pertumbuhan (muda, sedang, tua) menunjukkan kemampuan absorpsi yang berbeda-beda (Gambar 3). Kemampuan rata-rata absorpsi logam Cd oleh *P.stratiotes* yang muda memiliki nilai absorpsi tertinggi yaitu 3,4 mg/L dan yang terendah pada *P.stratiotes* tua dengan nilai 2,1 mg/L. Hal ini menunjukkan semakin besar tingkat pertumbuhan *P.stratiotes* maka kemampuan absorpsi logam Cd semakin menurun.

Faktor-faktor yang menyebabkan kemampuan absorpsi *P.stratiotes* sesuai tingkat pertumbuhan yaitu, penambahan biomassa tanaman, biomassa akar dan luas penutupan (Lestari *et al.*, 2011). Pertambahan biomassa tanaman juga mempengaruhi kemampuan daya absorpsi logam. Data pertambahan biomassa menunjukkan bahwa sampai hari ke 15 semua tanaman mengalami

penambahan berat biomassa Hal ini menunjukkan bahwa semua tanaman dapat tumbuh pada larutan yang mengandung Cd dengan berbagai konsentrasi, meskipun mungkin pertumbuhannya terhambat, karena dari literatur Cd yang diketahui dapat terakumulasi dalam berbagai bagian tanaman dapat menurunkan pertumbuhan, menghambat fotosintesis, dan karena itu sangat mempengaruhi produksi biomassa. Hasil penelitian pertumbuhan tertinggi yaitu *P.stratiotes* muda dan sedang pada konsentrasi 2,5 mg/L sebesar 17,33% dan terendah *P.stratiotes* tua pada konsentrasi 10 mg/L sebesar 3,33%. Hal ini menunjukkan semakin tinggi konsentrasi maka pertumbuhan tanaman juga semakin terhambat, sehingga mempengaruhi kemampuan absorpsi logam.

Biomassa akar juga mempengaruhi kemampuan absorpsi *P.stratiotes*. Pada media percobaan *P.stratiotes* yang muda jumlah anaknya lebih banyak dibandingkan dengan yang berukuran sedang dan besar pada biomassa 150 g, sehingga jumlah akarnya lebih banyak dan kemampuannya mengabsorpsi logam Cd lebih tinggi dibandingkan dengan *P.stratiotes* yang biomassa akarnya lebih sedikit.

Tingginya akumulasi logam di akar ini disebabkan tumbuhan menyerap unsur hara beserta logam yang ada dari air melalui akar. Akar berfungsi sebagai organ penyerap dan penyalur unsur-unsur hara ke bagian yang lain. Terkait dengan fungsi tersebut, maka akar akan banyak menyerap unsur hara sehingga akumulasi logam akan lebih tinggi di akar dibandingkan dengan batang dan daun (Puspita *et al.*, 2011).

Luas penutupan juga mempengaruhi tingginya absorpsi logam Cd oleh *P.stratiotes*. Lestari (2011) menyatakan

bahwa semakin besar luas penutupan dan lama waktu tinggal eceng gondok, persentase penurunan Cd akan semakin meningkat, namun titik tertentu akan mengalami kejenuhan. Pada media percobaan, *P.stratiotes* yang muda jumlah anakannya lebih banyak dibandingkan dengan *P.stratiotes* yang berukuran sedang maupun tua dalam biomassa 150 g, sehingga luas penutupannya lebih besar, dan daya absorpsinya lebih tinggi.

Kemampuan daya serap berbeda juga disebabkan turunnya metabolisme tanaman. Ulfen (2005) menyatakan bahwa, dari penampakan fisik dari daun pada tanaman yang cepat sekali menguning dan hingga hari ke- 15 tanaman mengalami kerontokan pada bulu-bulu akar. Turunnya metabolisme juga disebabkan karena hiperakumulasi ion logam yang terlalu berlebih. Beberapa jenis tumbuhan mempunyai sifat hiperakumulator yang luar biasa. Namun biasanya tumbuhan yang teradaptasi di media yang berkadar logam tinggi dan toleran terhadap logam mempunyai sifat tumbuh lambat.

Absorpsi Cd oleh *P.stratiotes* Sesuai dengan Konsentrasi Awal

Kemampuan rata-rata penurunan logam Cd oleh *P.stratiotes* sesuai dengan konsentrasi menunjukkan bahwa, penurunan yang tertinggi yaitu pada konsentrasi 7,5 mg/L yaitu 3,9 mg/L (52%), dibandingkan dengan konsentrasi 2,5 mg/L yaitu 1,6 mg/L. Gambar 4 menunjukkan bahwa absorpsi logam Cd semakin besar dalam tanaman dengan bertambahnya konsentrasi logam Cd. Hal ini disebabkan karena pada media tanam dengan konsentrasi 7,5 mg/L kepadatan populasi ionnya lebih besar dibandingkan pada konsentrasi 2,5 mg/L dan 5 mg/L, tetapi pada konsentrasi 10 mg/L mengalami

penurunan, hal ini dipengaruhi juga oleh rataan tingkat pertumbuhan *P.stratiotes* yang bervariasi. Semakin tinggi jumlah ion Cd yang ada dalam media tanam semakin tinggi pula konsentrasi ion yang diserap oleh tanaman (Syahputra, 2005).

Faktor-faktor yang menyebabkan konsentrasi awal berpengaruh terhadap banyaknya absorpsi Cd oleh *P.stratiotes* antara lain tingkat pertumbuhan tanaman dan tinggi rendahnya konsentrasi awal. Tingkat pertumbuhan mempengaruhi banyaknya logam Cd yang terabsorpsi oleh *P.stratiotes*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tua umur maka kemampuan absorpsinya semakin menurun (Widyanto dan Susilo, 1977).

Tingginya rendahnya konsentrasi logam juga mempengaruhi logam Cd yang terabsorpsi oleh *P.stratiotes*. Pada konsentrasi rendah 0,01 ppm logam berat tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman tetapi pada konsentrasi tinggi 2,5-10 ppm maka menyebabkan kerusakan baik pada tanaman, sehingga mempengaruhi absorpsi logam Cd (Nopriani, 2011). Secara biologi proses penyerapan logam oleh tanaman air dilakukan lewat membran sel yaitu secara osmosis. Kation dari unsur-unsur kimia tersebut terdapat di dalam molekul air dan dikelilingi oleh molekul air lainnya, jadi jumlah ion yang berdifusi ke rambut-rambut akar tergantung pada jumlah molekul air yang berdifusi ke membran sel. Semakin banyak molekul air yang diserap oleh tanaman, berarti semakin banyak ion-ion logam tersebut yang masuk ke dalam tubuh tanaman (Supradata, 1992).

Penyerapan akan tetap efektif jika masih ada sisi aktif dari sorben yang terisi penuh. Konsentrasi logam berhubungan dengan jumlah sisi aktif yang terdapat pada permukaan absorbennya. Konsentrasi yang

melebihi sisi aktif maka akan mengurangi daya serap sorbennya, dan bila jumlah sisi aktif cukup besar dibandingkan dengan jumlah konsentrasi logam, maka kapasitas penyerapannya akan tinggi. Pada saat jumlah sisi aktif sama dengan jumlah konsentrasi logam, maka kapasitas penyerapannya akan menurun. Berdasarkan keadaan tersebut, proses absorpsi sangat tergantung pada konsentrasi awal. (Collen *et al.*, 1999).

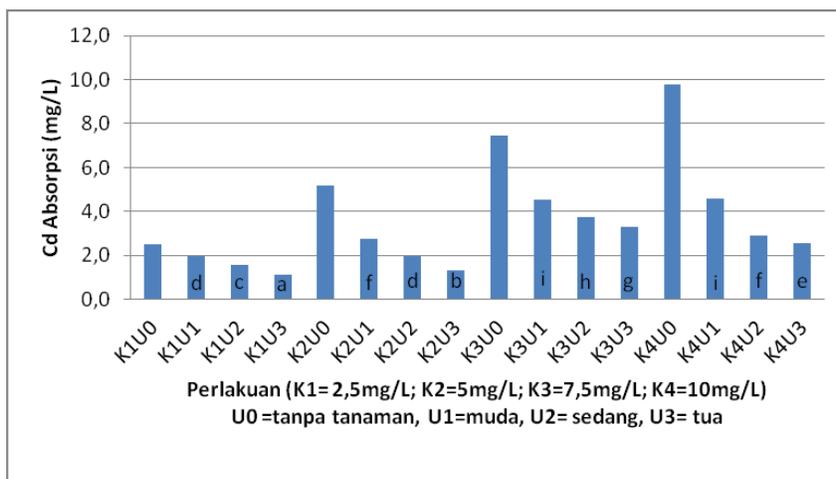
Interaksi Absorpsi Kayu Apu (*P. stratiotes*) antara Tingkat Pertumbuhan dengan Konsentrasi Awal

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, interaksi antar perlakuan dengan berbagai tingkat pertumbuhan *P.stratiotes* dan konsentrasi awal logam Cd yang berbeda berpengaruh nyata terhadap absorpsi logam Cd. Gambar 5 menunjukkan bahwa tingkat pertumbuhan *P.stratiotes* yang muda memiliki kemampuan daya absorpsi tertinggi dibandingkan dengan yang sedang dan tua. Perbandingan pada konsentrasi 2,5 mg/L yang paling tinggi penyerapannya

Hal ini juga dapat dilihat pada konsentrasi 5 mg/ L; 7,5 mg/L dan 10 mg/L yang tinggi penyerapannya yang diberi perlakuan dengan *P.stratiotes* muda

Kombinasi terbaik dari tingkat pertumbuhan dan konsentrasi awal terhadap rata-rata penyerapan logam Cd adalah perlakuan konsentrasi awal Cd 2,5 mg/L dengan diberi perlakuan *P.stratiotes* muda yaitu 1,96 mg/L (78,4%), sedangkan kombinasi absorpsi terendah pada perlakuan konsentrasi awal 2,5 mg/L dan 5 mg/L tanpa *P.stratiotes* yaitu 0%. Menurut Sagita (2002) jumlah absorpsi yang tertinggi terdapat pada akar. Hal ini dikarenakan akar langsung bersinggungan dengan media tanam yang terkontaminasi Cd. Logam Cd diserap oleh akar tanaman kemudian didistribusikan ke daun melalui batang.

Hal ini juga dikarenakan faktor konsentrasi awal yang berbeda. Konsentrasi Cd yang semakin tinggi biasanya menyebabkan pertumbuhan



Gambar 5. Grafik pengaruh interaksi tingkat pertumbuhan *P.stratiotes* dan konsentrasi awal terhadap absorpsi logam Cd (perbedaan huruf menunjukkan perbedaan yang nyata(P>0,05))

pada kombinasi perlakuan dengan *P.stratiotes* muda yaitu 1,96 mg/L (78,4%) dibandingkan dengan yang sedang dan tua.

terhambat, daun menjadi kecil, keriting melipat, pembentukan klorofil terhambat,

tepi daun dan uratnyanya memperlihatkan warna coklat kemerahan, sehingga daya serap absorpsi tanamannya lebih rendah (Suryati, 2003).

Perbandingan Absorpsi Kayu Apu (*P. stratiotes*) dengan Baku Mutu

Logam Cd bersifat toksik bagi tanaman, hewan dan manusia. Menurut Astawan (2005) logam berat Cd bila masuk ke dalam tubuh lewat makanan, maka akan terakumulasi secara terus-menerus dan dalam jangka waktu lama dapat mengakibatkan gangguan sistem syaraf, kelumpuhan, dan kematian dini serta penurunan tingkat kecerdasan anak-anak. Logam Cd juga telah memperlihatkan efek fitotoksisitas terhadap tanaman terutama Kayu apu (*P.stratiotes*). Gejala toksisitas tersebut diperlihatkan oleh ukuran daun yang menjadi lebih kecil dan warna daun menjadi kuning yang menunjukkan adanya penghambatan terhadap pembentukan klorofil.

Konsentrasi Cd yang tinggi biasanya menyebabkan pertumbuhan terhambat, daun menjadi kecil, keriting melipat, pembentukan klorofil terhambat, tepi daun dan uratnyanya memperlihatkan warna coklat kemerahan (Suryati, 2003). Dalam penelitian Lestari (2011), logam Cd mampu diabsorpsi oleh tanaman *Echhornia crassipes* tertinggi 39% dan terendah 9%, sedangkan pada penelitian ini absorpsi Cd oleh tanaman *P.stratiotes* sebesar 1,96 mg/L (78,4%) dan terendah 1,12 mg/L (44,8%) dari konsentrasi 2,5 mg/L.

Berdasarkan seluruh perlakuan, hasil absorpsi logam Cd oleh *P. stratiotes* belum menghasilkan hasil kadar Cd akhir di bawah baku mutu Menurut PP No. 22 Tahun 2021, yaitu 0,001 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa hasil absorpsi tersebut belum direkomendasikan adanya penanggulangan

logam berat Cd dengan menggunakan *P. stratiotes* sesuai tingkat pertumbuhannya. Sebagai upaya mengatasi pengelolaan untuk mengurangi bahan organik dan logam berat dengan menggunakan tanaman air seperti menggunakan kayu apu (*P.stratiotes*) melalui teknik bioremediasi dengan metode yang lain seperti, regenerasi, proses fitoremediasi baik pada skala laboratorium maupun lapangan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa

1. Kayu Apu (*P. stratiotes*) mampu mengasorpsi logam berat kadmium (Cd) dalam air sebanyak 1,12 – 4,56 mg/L (45- 78,6 %)
2. Kayu apu (*P. stratiotes*) muda yang paling tinggi dalam mengabsorpsi logam Cd yaitu mencapai nilai sebesar 1,96 mg/L (78, 6%)
3. Hasil absorpsi kayu apu (*P. stratiotes*) terhadap logam Cd pada kombinasi perlakuan terbaik yaitu menghasilkan Cd akhir sebanyak 1,1 mg/L masih belum memenuhi standar baku mutu air.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahalya, N., Kanamadi, R.D., Ramachandra, T.V. 2005. Biosorption of Chromium (VI) from aqueous solutions by the husk of Bengal gram (*Cicer arietinum*). *Electronic Journal of Biotechnology*. **8** : 258-264.
- Colleen, K., Mielke, R.E., Dimaquibo, D., Curtis, A.J., Dewit, J.G.1999. Adsorption of Eu (III) onto Roots of Water Hyacinth. *Journal of Environmental and Technoogy*.. **33** : 1439-1443
- Lestari, S., Santoso, S., Anggorowati, S. 2011. Efektivitas Eceng Gondok (*Echhornia Crassipes*) Dalam Penyerapan Kadmium (Cd) Pada

- Leachate TPA Gunung Tugel. *Molekul*. **1**: 25 - 29
- Nopriani, S.L. 2011. Teknik Uji Cepat untuk Identifikasi Pencemaran Logam Berat Tanah di Lahan Apel Batu. *Disertasi*. Universitas Brawijaya. 66 hal
- Notohadiprawiro, T. 1995. Logam Berat dalam Pertanian. *Jurnal manusia dan lingkungan*. *Jurnal Bumi Lestari*. **12** : 345-349.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta. 133-139.
- Qian, J.H., Zayed A., Zhu Y.L., Yu M., Terry N. 1999. Phytoaccumulation Of Trace Elements By Wetland Plants III. *Journal of Enviornmental Quality*. **28** : 1448-1455.
- Rahmadiyah, B. 2000. *Efek Logam Berat Kromium (VI) dari Limbah Laboratorium Anorganik-LIPI Bandung Terhadap Tanaman Eceng Gondok (Eichornia crassipes) dan Kayambang (Salvinia molesta)*. Skripsi. Fakultas
- Satyakala, G., Jamil, K. 1992. Chromium Induced Biochemical Change in *Eichornia crassipes* (Mart) Solm and *Pistia stratiotes* L. *Journal of Enviornmental Science and Technology*. Srivastav. 48
- Suryati T. 2003. Eliminasi Logam Berat Kadmium Dalam Air Limbah Menggunakan Tanaman Air. *Jurnal Teknik Lingkungan*. **4(3)** : 143-147
- Ulfin, I. 2001. Penurunan Kadar Cd dan Pb dalam Larutan dengan Kayu Apu: Pengaruh pH dan Jumlah Kayu Apu (*Pistia stratiotes, L*)", PROSIDING SENAKIII, Kimia-FMIPA. ITS. Surabaya.
- Ulfin, I., Widya, W. 2005. Studi Penyerapan Kromium dengan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*). *Akta Kimia Indonesia*, **1(1)**: 41-48.
- Vara Prasad, MN., Oliveira Freitas, HM. 2003. Metal Hyperaccumulation In Plants-Biodiversity Prospecting For Phytoremediation Technology. *Journal Biology*. 6 (3).
- Supradata. 1992. Pengolahan limbah domestik menggunakan tanaman hias *cyperus alternifolius* dalam sistem lahan basah buatan aliran bawah permukaan. *Tesis*. Universitas Diponegoro. 111 hal
- Syahputra R. 200. Fitoremediasi Logam Cu Dan Zn dengan Tanaman Eceng Gondok. *Logika*. **2(2)** : 1410-2315
- Widyanto, L.S., Susilo. H. 1977. Pencemaran Air oleh Logam Berat dan Hubungannya.