

BIOSORPSI LOGAM BERAT CADMIUM PADA BERBAGAI KONSENTRASI AWAL DAN TINGKAT PERTUMBUHAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)

BIOSORPTION OF CADMIUM IN VARIOUS INITIAL CONCENTRATIONS AND GROWTH RATE OF WATER HYACINTH (*Eichhornia crassipes*)

Suryati¹, Agung Dhamar Syakti², Nuning Vita Hidayati^{1,3*}

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Kampus Karangwangkal, Jl. dr. Suparno, Purwokerto 53123, Indonesia

²Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Jalan Raya Dompok - Tanjungpinang 29124, Provinsi Kepulauan Riau, PO. BOX 155 Indonesia

³Program Studi Magister Sumber Daya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Kampus Karangwangkal, Jl. dr. Suparno, Purwokerto 53123, Indonesia

*Penulis untuk korespondensi, e-mail: nuning.hidayati@unsoed.ac.id

Received [22-03-2023] Revised [24-06-2023] Accepted [24-07-2023]

ABSTRAK

Salah satu metode alternatif untuk menanggulangi dampak pencemaran perairan adalah teknik biosorpsi (penyerapan) dengan memanfaatkan tumbuhan air. Penelitian ini mengkaji tentang biosorpsi logam berat Kadmium (Cd) pada berbagai konsentrasi awal dan tingkat pertumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) kemampuan eceng gondok dalam menyerap logam Cd; (2) konsentrasi awal dan tingkat pertumbuhan yang optimum dalam proses biosorpsi logam Cd oleh eceng gondok, serta (3) konsentrasi akhir logam berat Cd hasil absorpsi oleh eceng gondok untuk kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang berlaku. Perlakuan biosorpsi logam Cd oleh eceng gondok yaitu dengan menumbuhkan 200 g eceng gondok dalam wadah berisi media air dengan konsentrasi logam 2,5; 5; 7,5; dan 10 mg/l serta tingkat pertumbuhan muda, sedang, dan tua. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biosorpsi logam Cd oleh eceng gondok dipengaruhi oleh konsentrasi awal dan tingkat pertumbuhan eceng gondok. Penyerapan logam Cd eceng gondok tertinggi sebesar 66,41% dihasilkan pada perlakuan konsentrasi logam 2,5 mg/l dan tingkat pertumbuhan muda. Konsentrasi logam Cd hasil akhir dari proses absorpsi (0,409 mg/l) masih belum memenuhi standar baku mutu air limbah bagi logam Cd, yaitu maksimum sebesar 0,1 mg/l. Namun demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa eceng gondok dapat menjadi alternatif untuk mengurangi limbah yang mengandung logam berat Cd sebelum memasuki perairan dengan metode biosorpsi.

Kata kunci: Biosorpsi, *Eichhornia crassipes*, kadmium, logam berat, pencemaran

ABSTRACT

One alternative method to overcome the effects of water pollution is by using biosorption techniques by utilizing aquatic plants. This study examined the biosorption of heavy metal Cadmium (Cd) at various initial concentrations and growth rates of water hyacinth (Eichhornia crassipes). Specifically, this study aims to determine (1) the ability of water hyacinth to absorb Cd metal; (2) the initial concentration and optimum growth rate in the Cd biosorption process by water hyacinth, and (3) the final concentration of Cd heavy metal as a result of absorption by water hyacinth to be compared with the applicable quality standards. The treatment of Cd biosorption by water hyacinth is by growing 200 g of water hyacinth in a container containing aqueous media with a metal concentration of 2.5; 5; 7.5; and 10 mg/l and young, medium, and old growth rates. The results showed that the biosorption of Cd by water hyacinth was affected by the initial concentration and growth rate of water hyacinth. The highest water hyacinth Cd absorption of 66.41% was produced at a metal concentration of 2.5 mg/l and a young growth rate. The final concentration of Cd metal from the absorption process (0.409 mg/l) still does not meet the wastewater quality standards for Cd metal, which is a maximum of 0.1 mg/l. However, the research results show that water hyacinth can be an alternative to reduce waste containing the heavy metal Cd before entering the waters by the biosorption method.

Keywords: Biosorption, cadmium, Eichhornia crassipes, heavy metals, pollution

PENDAHULUAN

Logam kadmium (Cd) merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi, berwarna putih, ditemukan dalam bentuk senyawa gabungan seperti kadmium oksida, kadmium klorida, dan kadmium sulfida (Suseno, 2011). Cd adalah logam berwarna putih perak lunak, mengilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan kadmium oksida bila dipanaskan. Logam berat yang terlarut dalam badan air secara alamiah berbentuk ion bebas, pasangan ion-ion organik, kompleks anorganik maupun organik (Connell dan Miller, 1995). Logam berat dalam perairan terdapat dalam bentuk terlarut dan tersuspensi atau terikat dengan partikel-partikel tersuspensi. Logam yang terdapat dalam perairan biasanya dalam bentuk ion seperti Hg^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , jarang sekali yang berbentuk molekul (Darmono, 1995).

Penelitian Phetsombat et al. (2006) menunjukkan bahwa logam Cd merupakan racun bagi *Salvinia cucullata* dengan gejala toksisitas yang ditunjukkan seperti klorosis, penurunan biomassa, dan kandungan klorofil keseluruhan. Logam berat juga berdampak negatif pada biota air sebagai contoh pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Selanjutnya Yudiati et al. (2009) menemukan kerusakan jaringan berupa hiperplasia dan nekrosis pada insang udang vaname akibat pemaparan logam kadmium. Keracunan Cd akan berdampak pula terhadap kesehatan manusia, dapat menyebabkan osteomalasia karena terjadinya gangguan daya keseimbangan kandungan kalsium dan fosfat dalam ginjal. Cadmium juga dapat terakumulasi pada rumput laut dan

organisme perairan seperti ikan, udang, dan kepiting (Aziz et al., 2022; Farizky et al., 2022; Hidayati et al., 2020; Susanto et al., 2014).

Upaya untuk mengurangi cemaran logam berat merupakan hal yang sangat diperlukan. Salah satu metode untuk mengurangi cemaran logam berat yaitu dengan biosorpsi logam berat sebagai teknologi alternatif untuk pengolahan limbah logam berat. Biosorpsi memanfaatkan kemampuan material biologis yang mati maupun hidup dalam mengakumulasi logam berat dari limbah industri (Mohanty et al., 2006). Tumbuhan air memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat di perairan salah satunya yaitu eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

Eceng gondok merupakan salah satu jenis tumbuhan air yang pertumbuhannya sangat cepat dan sangat mudah tumbuh di perairan. Namun, selain sebagai tumbuhan pengganggu perairan, tumbuhan eceng gondok dapat dimanfaatkan untuk mengatasi pencemaran, baik pencemaran limbah industri maupun limbah rumah tangga (Setyanto et al., 2011). Penyerapan logam berat oleh eceng gondok tingkat pertumbuhan muda, sedang, dan tua memiliki level yang berbeda-beda. Faktor yang memengaruhi penyerapan logam berat adalah dari konsentrasi awal logam. Semakin tinggi konsentrasi awal logam dalam limbah maka laju penyerapan juga semakin meningkat (Indrasti et al., 2012).

Penelitian mengenai penggunaan tumbuhan eceng gondok telah dilakukan oleh Indrasti et al. (2012) yang menggunakan eceng gondok dalam menyerap logam Pb dan Cd. Eceng gondok yang dipilih dalam penelitian Indrasti et al. memiliki ukuran tinggi bervariasi dari 13–16 cm dan berat segar tumbuhan 50–60 gr. Hasil penelitian menunjukkan removal efficiency logam berat Cd sebesar 64%, 71%, 85%, 82% dan 80% untuk masing-masing konsentrasi awal 0,5; 1; 3; 5; dan 10 mg/l selama 15 hari.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung besarnya penyerapan, konsentrasi awal dan tingkat pertumbuhan optimum, serta mengetahui apakah kandungan logam Cd hasil biosorpsi eceng gondok berada di bawah baku mutu yang baik bagi lingkungan. Penelitian ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat luas bahwa eceng gondok dapat menyerap logam berat di perairan, dan ada metode yang sederhana, mudah, murah dengan efisiensi tinggi dalam mengurangi kandungan logam berat di perairan..

METODE

Rancangan Percobaan

Metode yang digunakan dalam rancangan ini adalah metode eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial

dengan dua faktor yaitu nilai konsentrasi awal logam dan tingkat pertumbuhan. Nilai konsentrasi awal logam yang digunakan bertaraf 2,5 mg/l; 5 mg/l; 7,5 mg/l; dan 10 mg/l sedangkan tingkat pertumbuhan eceng gondok yang digunakan adalah tingkat pertumbuhan muda, sedang, dan tua dengan berat sama masing-masing 200 g (Syahputra, 2005) (Gambar 1). Dari 4 perlakuan yang diberikan, masing-masing dilakukan pengulangan konsentrasi awal sebanyak 3 ulangan berdasarkan tingkat pertumbuhannya sehingga total unit penelitian berjumlah 36 unit. Pada penelitian ini juga dilakukan perlakuan kontrol sebagai pembanding dan normalisasi.

Parameter Penelitian

Parameter penelitian ini adalah kandungan logam Cd pada media air setelah diberi perlakuan oleh eceng gondok dengan konsentrasi awal dan tingkat pertumbuhan yang berbeda.

Prosedur Penelitian

Persiapan tumbuhan eceng gondok

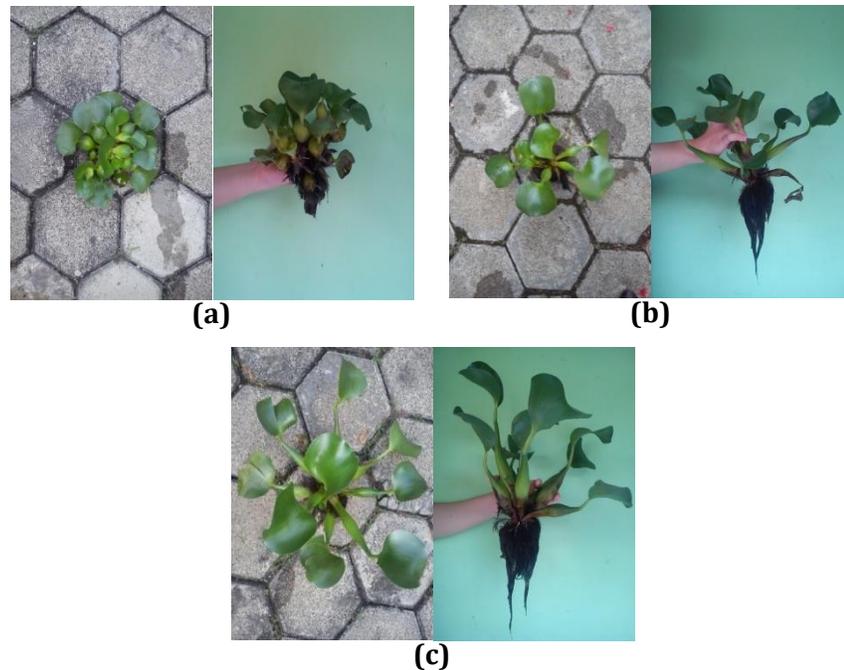
Tumbuhan eceng gondok yang digunakan diambil dari kolam kemudian dicuci bersih dan disortir sesuai tingkat pertumbuhannya. Setelah itu, eceng gondok diaklimasi selama 1 minggu dengan media sesuai perlakuan tanpa kontaminan dan ditambah seperdelapan larutan hoaglands solution sebagai unsur hara dari 5 l air media. Eceng gondok yang mempunyai kondisi yang baik digunakan untuk penelitian (Indrasti et al., 2012).

Pengenceran dan Pembuatan Larutan Cd

Larutan induk Cd 100 mg/l diencerkan menjadi 10 mg/l dalam 100 ml larutan, kemudian dibuat larutan standar dari larutan Cd 10 mg/l pada konsentrasi 2,5; 5; 7,5; dan 10 mg/l yang diencerkan dengan asam nitrat. Larutan Cd yang telah dibuat kemudian diukur pH-nya dengan menggunakan kertas lakmus 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 sedangkan larutan NaOH digunakan untuk menaikkan pH.

Penentuan Awal Biomassa Total dan Pengukuran Panjang Akar

Penentuan awal biomassa total dilakukan dengan menimbang tingkat pertumbuhan eceng gondok yaitu muda, sedang, dan tua. Selanjutnya panjang akar masing-masing tumbuhan diukur sebelum dimasukkan ke dalam media tanam.



Gambar 1. Tingkat pertumbuhan eceng gondok: (a) eceng gondok muda; (b) eceng gondok sedang; (c) eceng gondok tua.

Penanaman Eceng Gondok

Setelah seminggu diaklimasi, eceng gondok disortir sesuai dengan tingkat pertumbuhannya. Kemudian ditimbang biomassa masing-masing sebanyak 200 g dengan tingkat pertumbuhannya yang berbeda yaitu muda, sedang, dan tua. Selanjutnya masing-masing tingkat pertumbuhan eceng gondok ditanam dalam 4 ember yang berisi 20 l air media dan logam berat Cd dengan konsentrasi awal masing-masing 2,5 mg/L; 5mg/L; 7,5 mg/L; dan 10 mg/L dan pH larutan 6.

Pengambilan dan Pengukuran Sampel Air Uji

Kandungan Cd dalam air pada masing-masing wadah diukur setelah 2 minggu penanaman eceng gondok menggunakan AAS (Atomic Absorbtion Spectrofotometer). 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 kandungan Cd dalam larutan sampel didapatkan dengan cara mengganti variabel "y" dalam persamaan garis regresi linier dengan nilai absorban dari larutan sampel (SNI 6989.16:2009).

Penentuan Akhir Biomassa Total, Biomassa Akar, dan Panjang Akar

Setelah akhir penelitian, masing-masing eceng gondok dengan tingkat pertumbuhan berbeda ditimbang biomassa total dan biomassa akar, serta diukur panjang akarnya.

Analisis Efisiensi Percobaan (*Removal Efficiency*)

Perhitungan removal efficiency dalam penelitian ini didasarkan pada penurunan konsentrasi logam (mg/l) selama perlakuan (Romadhonah & Arif, 2020).

$$RE = \frac{(A - B)}{A}$$

Keterangan :

RE = Removal efficiency

A = Konsentrasi awal sebelum perlakuan

B = Konsentrasi akhir setelah perlakuan

Analisis Data

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kualitas dan Produktivitas Perairan, FPIK UNSOED Purwokerto dan analisis sampel dilakukan di Laboratorium Wahana, Semarang. Data logam berat yang terserap oleh eceng gondok pada masing-masing perlakuan dianalisis dengan ANOVA dengan menggunakan uji F. Bila berbeda nyata ($F_{hitung} > 0,05$), maka dilakukan uji BNJ (beda nyata jujur).

HASIL

*Kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Menyerap Cd*

Kajian kemampuan biosorpsi eceng gondok telah dilakukan pada penelitian ini berdasarkan konsentrasi Cd yang tersisa pada media air (residual). Kemampuan ini disajikan dalam bentuk persentase Cd absorpsi oleh eceng gondok dan Cd residual. Data persentase Cd absorpsi yang telah didapat pada masing-masing perlakuan tingkat pertumbuhan diselisihkan dengan persentase penurunan kontrol untuk melihat kemampuan penyerapan murni masing-masing perlakuan. Data persentase Cd residual merupakan Cd yang tersisa dari konsentrasi awal dikurangi Cd absorpsi (Tabel 1).

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa Cd absorpsi perlakuan eceng gondok baik tingkat pertumbuhan muda, sedang, maupun tua memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam menyerap Cd dibandingkan dengan perlakuan kontrol (tanpa eceng gondok). Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan eceng gondok dalam percobaan mampu menyerap

Cd. Adanya kemampuan eceng gondok dalam menyerap Cd dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu penyerapan logam berat melalui akar, pembentukan zat khelat (fitokelatin), dan adanya vakuola dalam struktur sel. Pertukaran ion terjadi oleh adanya penyerapan bulu-bulu akar terhadap ion-ion yang terlarut dalam perairan dan terbawa masuk ke dalam sel-sel akar (Prabaningrum et al., 2008).

Tabel 1. Persentase rata-rata logam Cd absorpsi dan Cd residual

Tingkat Pertumbuhan	Konsentrasi Awal (mg/l)	Cd absorpsi (mg/l)	Cd absorpsi (%)	Rataan \pm Std	Cd residual (mg/l)	Cd residual (%)
kontrol	2,5	0	0	0,86 \pm 1,14	2,500	100,00
	5,0	0	0		5,000	100,00
	7,5	0,060	0,80		7,440	99,20
	10,0	0,242	2,42		9,758	97,58
muda	2,5	2,091	83,64	66,05 \pm 13,85	0,409	16,36
	5,0	3,035	60,70		1,965	39,30
	7,5	5,129	68,93		2,311	31,06
	10,0	4,968	50,91		4,790	49,09
sedang	2,5	1,675	67,00	51,36 \pm 12,48	0,825	33,00
	5,0	2,183	43,66		2,817	56,34
	7,5	4,129	55,50		3,311	44,50
	10,0	3,833	39,28		5,925	60,72
tua	2,5	1,387	55,48	41,60 \pm 11,84	1,113	44,52
	5,0	1,474	29,48		3,526	70,52
	7,5	3,500	47,04		3,940	52,96
	10,0	3,359	34,42		6,399	65,57

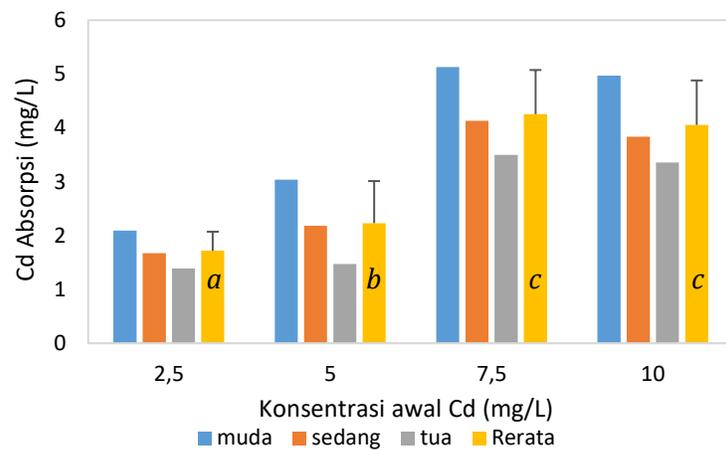
Konsentrasi Awal dan Tingkat Pertumbuhan yang Optimum dalam Proses Biosorpsi Logam Cd oleh Eceng Gondok

Konsentrasi Awal yang Optimum dalam Proses Biosorpsi Cd

Biosorpsi Cd oleh eceng gondok pada penelitian ini dilakukan pada konsentrasi awal 2,5 mg/l; 5 mg/l; 7,5 mg/l; dan 10 mg/l. Hasil dari biosorpsi penelitian ini disajikan dalam bentuk nilai Cd absorpsi (mg/l). Hasil biosorpsi tersebut menunjukkan bahwa nilai rata-rata Cd absorpsi pada konsentrasi 2,5 mg/l yaitu 1,72 \pm 0,31 mg/l; konsentrasi 5 mg/l yaitu 2,23 \pm 0,78 mg/l; konsentrasi 7,5 mg/l yaitu 4,31 \pm 0,82 mg/l dan konsentrasi 10 mg/l yaitu 4,29 \pm 0,83 mg/l.

Berdasarkan Gambar 2, hasil uji statistik kemampuan rata-rata Cd absorpsi oleh eceng gondok berbeda nyata antara perlakuan dengan lainnya kecuali kemampuan rata-rata Cd absorpsi pada konsentrasi 7,5 mg/l yang tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 10 mg/l. Faktor yang menyebabkan perbedaan kemampuan rata-rata Cd absorpsi oleh eceng gondok antara lain adalah jumlah ion logam yang berbeda pada masing-masing konsentrasi, dan efek toksisitas logam Cd pada konsentrasi lebih tinggi. Ion logam berkonsentrasi rendah jumlahnya

sedikit sehingga hanya sedikit ion logam yang diserap oleh eceng gondok. Semakin tinggi jumlah ion logam yang ada dalam media tanam, semakin tinggi pula konsentrasi ion yang diserap oleh tumbuhan (Syahputra, 2005). Lestari et al. (2011) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi logam maka proses penyerapan semakin meningkat. Hal ini yang menyebabkan kemampuan rata-rata absorpsi konsentrasi 7,5 mg/l mencapai absorpsi tertinggi. Penambahan konsentrasi ion logam berarti ada penambahan jumlah ion logam dan hal ini ternyata menurunkan daya serap dari eceng gondok. Artinya, pada konsentrasi 10 mg/l, tumbuhan eceng gondok mengalami kejenuhan dalam menyerap logam Cd sehingga kemampuan penyerapannya menurun. Tekanan fisiologis yang muncul akibat dari bertambahnya konsentrasi logam yang diserap oleh eceng gondok menjadi penyebabnya.

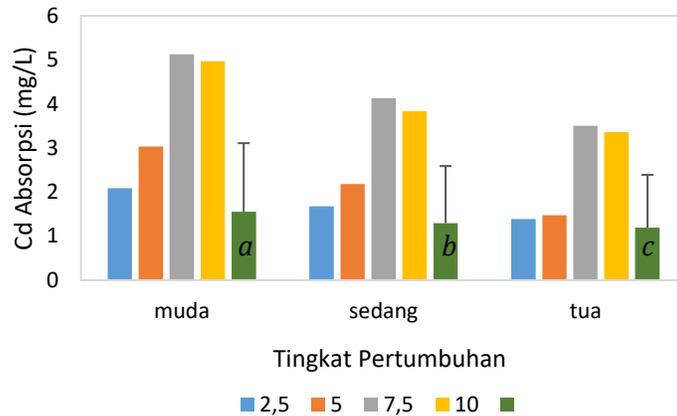


Gambar 2. Grafik pengaruh konsentrasi awal terhadap nilai absorpsi Cd oleh eceng gondok (huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)).

Berat total tumbuhan sampai hari ke-15 mengalami penambahan biomassa. Hal ini menunjukkan bahwa semua tumbuhan dapat tumbuh pada larutan yang mengandung Cd, meskipun dari literatur diketahui Cd dapat terakumulasi dalam berbagai bagian tumbuhan. Monita et al. (2013) menyatakan bahwa keberadaan logam Cd pada daun dapat menghambat kinerja enzim yang berperan dalam proses biosintesis klorofil. Apabila proses biosintesis terganggu, maka akan menghambat pula proses fotosintesis pada tumbuhan dan sangat memengaruhi produksi biomassa. Tidak semua tumbuhan mengalami pertumbuhan biomassa, pada konsentrasi 7,5 mg/l tingkat pertumbuhan tua mengalami penurunan berat tumbuhan dan terjadi pula pada konsentrasi 10 mg/l tingkat pertumbuhan sedang dan tua. Lestari et al. (2021) melaporkan bahwa semakin tua suatu tumbuhan, maka pertumbuhan suatu tanaman juga akan semakin menurun, sehingga akan menurun kemampuannya dalam fitoremedasi.

Tingkat Pertumbuhan yang Optimum dalam Proses Biosorpsi Cd

Biosorpsi Cd oleh eceng gondok pada penelitian ini dilakukan pada tingkat pertumbuhan muda, sedang, dan tua. Hasil dari biosorpsi penelitian ini disajikan dalam bentuk Cd absorpsi (mg/l). Hasil biosorpsi tersebut menunjukkan bahwa nilai rata-rata Cd absorpsi pada tingkat pertumbuhan muda yaitu $3,88 \pm 1,60$ mg/l; tingkat pertumbuhan sedang yaitu $3,03 \pm 1,29$ mg/l dan tingkat pertumbuhan tua yaitu $2,50 \pm 1,24$ mg/l.



Gambar 3. Grafik pengaruh tingkat pertumbuhan (muda, sedang, maupun tua) terhadap nilai absorpsi Cd oleh eceng gondok (huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)).

Berdasarkan Gambar 3, kemampuan rata-rata Cd absorpsi oleh eceng gondok sangat berbeda nyata antar perlakuan tingkat pertumbuhan baik muda, sedang maupun tua. Hal ini disebabkan oleh faktor perbedaan daya serap berbagai tingkat pertumbuhan. Eceng gondok muda mampu menyerap logam Cd lebih besar dibandingkan tingkat pertumbuhan sedang maupun tua. Hal ini sesuai dengan pernyataan Zumani et al. (2015) bahwa akar eceng gondok yang masih muda memiliki kemampuan menyerap ion-ion logam dalam jumlah besar. Hal tersebut terjadi karena penyerapan air oleh bulu-bulu akar, sehingga ion-ion yang terlarut terbawa masuk ke dalam sel-sel akar.

Tingkat pertumbuhan muda merupakan tingkat pertumbuhan optimum penyerapan logam Cd oleh eceng gondok. Biomassa tumbuhan semua perlakuan sama akan tetapi jumlah tumbuhan eceng gondok yang dibutuhkan akan lebih banyak pada tingkat pertumbuhan muda. Banyaknya jumlah tumbuhan eceng gondok muda menghasilkan jumlah akar lebih banyak pula. Semakin banyak jumlah akarnya semakin banyak pula logam Cd yang diserap. Prabaningrum et al. (2008) menyatakan bahwa penyerapan terbesar terjadi pada bulu-bulu akar yang berjumlah banyak dan setiap tumbuhan biasanya terdapat 200–300 bulu akar per mm², dengan panjang 0,1–10 mm. Akar yang

masih muda berpotensi untuk menyerap ion-ion logam dalam jumlah besar (Dwijoseputro, 1980). Tumbuhan eceng gondok juga mempunyai akar serabut sehingga memungkinkan mempunyai kemampuan menyerap logam Cd lebih banyak dan lebih efektif. Eceng gondok mempunyai akar yang bercabang-cabang halus sehingga toksisitas logam yang terlarut semakin berkurang (Yuliati, 2010).

Daya serap berbagai tingkat pertumbuhan eceng gondok juga memengaruhi perbedaan dalam penyerapan logam Cd. Tumbuhan berumur muda mempunyai metabolisme cepat dibandingkan dengan tumbuhan berumur tua. Metabolisme cepat merangsang daya serap tumbuhan dalam mengambil zat hara semakin tinggi (Timalsina et al., 2022). Tumbuhan akan menyerap zat hara di sekitarnya termasuk logam. Beda halnya dengan tumbuhan tua, daya serap yang tinggi namun metabolisme yang lambat sehingga logam yang diserap akan menumpuk dibagian organ tertentu. Hal ini menyebabkan pertumbuhan akan terus menurun.

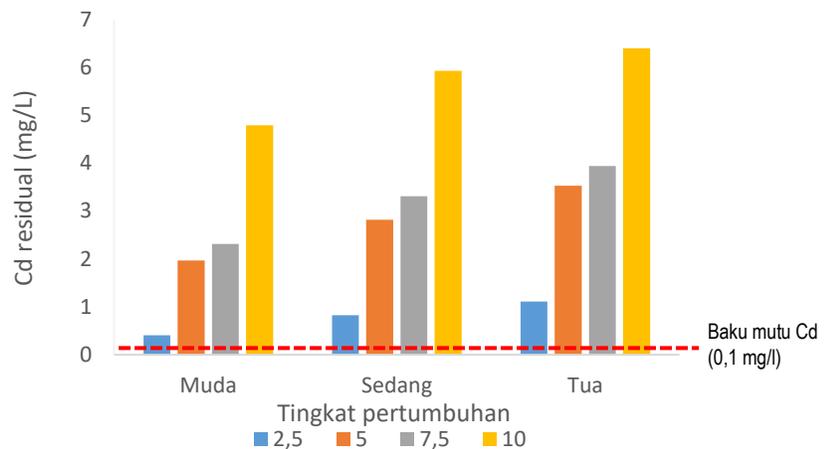
Kombinasi Konsentrasi Awal dan Tingkat Pertumbuhan yang Optimum dalam Biosorpsi Cd

Interaksi kombinasi konsentrasi Cd awal dengan tingkat pertumbuhan memengaruhi proses absorpsi logam berat Cd oleh eceng gondok. Berdasarkan hasil penelitian ini, kombinasi terbaik yaitu pada kombinasi konsentrasi 2,5 mg/l dan tingkat pertumbuhan muda (tabel 1). Persentase absorpsi mencapai 83,64% dibandingkan kombinasi lainnya. Hal tersebut disebabkan adanya interaksi di antara kedua faktor yang menyebabkan saling berkaitan (Lestari et al., 2021; Timalsina et al., 2022).

Perbandingan Hasil Biosorpsi Logam Cd oleh Eceng Gondok dengan Baku Mutu

Hasil penurunan kandungan Cd menentukan kandungan Cd akhir dalam perairan. Penelitian ini mengkaji nilai Cd absorpsi hasil biosorpsi oleh eceng gondok dan membandingkan dengan baku mutu yang baik bagi perairan. Bila kandungan Cd dalam perairan melebihi batas ambang baku mutu maka akan berdampak negatif baik bagi biota perairan maupun manusia. Berdasarkan hasil penelitian, hasil biosorpsi (Cd absorpsi) oleh eceng gondok terhadap logam Cd pada berbagai perlakuan memiliki nilai berbeda-beda pada konsentrasi logam Cd yang berbeda pula (Gambar 4).

Berdasarkan Gambar 4, seluruh hasil biosorpsi logam Cd oleh eceng gondok belum menghasilkan kandungan Cd akhir di bawah baku mutu air limbah bagi limbah industri menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 yaitu sebesar 0,1 mg/l. Hal ini



Gambar 4. Grafik nilai absorpsi Cd dan residu Cd hasil biosorpsi oleh eceng gondok dibandingkan dengan baku mutu air limbah bagi kawasan industri menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 yaitu sebesar 0,1 mg/l.

menunjukkan hasil biosorpsi tersebut belum direkomendasikan dalam penanggulangan logam Cd dalam perairan pada berbagai konsentrasi awal logam dan tingkat pertumbuhan eceng gondok.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa eceng gondok mampu menyerap logam kadmium (Cd) dalam air sebanyak $41,60 \pm 11,84$ sampai dengan $66,41 \pm 13,44\%$ pada berbagai konsentrasi awal logam dan tingkat pertumbuhan. Hasil paling optimum diperoleh pada Konsentrasi awal 2,5 mg/l dan tingkat pertumbuhan muda. Namun demikian, kandungan logam Cd sisa absorpsi sebesar 0,409 mg/l oleh eceng gondok masih berada di atas baku mutu air limbah bagi limbah industri, yaitu sebesar 0,1 mg/l.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Alm. Drs. Asrul Sahri Siregar, M.Si atas seluruh dukungan yang diberikan selama proses penelitian maupun penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

Aziz, A. S. A., Mahdiana, A., & Prayogo, N. A., Hidayati, N. V., (2022). Akumulasi Logam Berat Cd Pada Matriks Air, Sedimen, Dan Ikan Nilem (*Osteochilus Hasselti*) di Sungai Tajum Kabupaten

- Banyumas Jawa Tengah. *Agritech: Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto*, 24(2), 174-184.
- Connell, D. W., Miller, G.J. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. UI Press, Jakarta.
- Darmono. 1995. *Logam Berat dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI press, Jakarta. 140 hal.
- Farizky, C. K., Fitriani, M., Hidayati, N. V., Rahardja, B. S., & Andriyono, S. (2022). Studi Bioakumulasi Logam Berat (Pb, Cd, Dan As) Pada Rumput Laut (*Caulerpa Racemosa*) Dari Tambak Tradisional Di Brondong, Lamongan. *Jurnal Perikanan Unram*, 12(4), 722-733.
- Hidayati, N.V., Prudent, P., Asia, L., Vassalo, L., Torre, F., Widowati, I., Sabdono, A., Syakti, A.D. and Doumenq, P., 2020. Assessment of the ecological and human health risks from metals in shrimp aquaculture environments in Central Java, Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, pp.41668-41687.
- Indrasti, N. S., Suprihatin, Burhanudin, Novita, A. 2012. Penyerapan Logam Pb dan Cd oleh Eceng Gondok: Pengaruh Konsentrasi Logam dan Lama Waktu Kontak. *J. Tek. Ind. Pert*, 16 (1) : 44-50.
- Lestari, S., Santoso, S., Anggorowati, S. 2011. Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Penyerapan Kadmium Pada Leachate TPA Gunung Tugel. *Molekul*, 6 (1) : 25-29.
- Lestari, I., Ayu, S. P., & Ngatijo, N. (2021). penyerapan ion logam cU (ii) menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) secara fitoremediasi. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 6(1), 46-55.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2010. *Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri*. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2010.
- Mohanty, K., Jha, M., Meikap B. C., Biswas, M. N. 2006. Biosorption of Cr (VI) from Aqueous Solutions by *Eichhornia crassipes*. *Chemical Engineering Journal*, 117 : 71-77.
- Monita, R., Purnomo T., Budiono, D. 2013. Kandungan Klorofil tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Akibat Pemberian Logam Kadmium (Cd) pada berbagai Konsentrasi. *LenteraBio*, 2 (3) : 247-251.
- Phetsombat, S., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., Upatham S. 2006. Toxicity and Bioaccumulation of Cadmium and Lead in *Salvinia cucullata*. *Journal of Environmental Biology*, 27 (4) : 645-652.
- Prabaningrum, N., Anung M., Yorike I. D. 2008. Daya Serap tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* L.) sebagai Salah Satu Alternatif Fitoremediator ¹³⁷Cs. *Media Teknik*, 4 : 574-579.
- Romadhonah, S., & Arif, C. (2020). Analisis Kualitas Air dan Removal Efficiency Wastewater Treatment Plant (WWTP) di PT. Indonesia Power UPJP Priok Jakarta (Water Quality and Removal Efficiency Analysis of Wastewater Treatment Plant (WWTP) in PT. Indonesia Power UPJP Priok). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), 69-78.
- Setyanto, K., Warniningsih. 2011. Pemanfaatan Eceng Gondok Untuk Membersihkan Kualitas Air Sungai, Sungai Gadjahwong, Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Technoscintia*, 4 (1).
- Suryati, T., Priyanto, B. 2003. Eliminasi Logam Berat Kadmium Dalam Air Limbah Menggunakan tumbuhan Air. *J. Tek. Ling*, 4 (3) : 143-147.

- Susanto, F., Hidayati, N.V. and Syakti, A.D., 2014. Assessment of cadmium (Cd) contamination in mud crab (*Scylla* spp.) and sediment from Segara Anakan Lagoon, Cilacap, Indonesia. *Omni-Akuatika*, 10(2).
- Suseno, H.P. 2011. Model Adsorpsi Mn^{+2} , Cd^{+2} dan Hg^{+2} dalam Sistem Air-Sedimen di Sepanjang Sungai Code, Yogyakarta. *Jurnal Teknologi*, 4 (2) : 174-179.
- Syahputra, R. 2005. Fitoremediasi Logam Cu dan Zn Dengan tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). *Logika*, 2 (2) : 57-67.
- Timalsina, H., Gyawali, T., Ghimire, S., & Paudel, S. R. (2022). Potential application of enhanced phytoremediation for heavy metals treatment in Nepal. *Chemosphere*, 306, 135581.
- Yudiati, E., Sedjati, S., Enggar, I., Hasibuan, I. 2009. Dampak Pemaparan Logam Berat Kadmium pada Salinitas yang Berbeda terhadap Mortalitas dan Kerusakan Jaringan Insang Juvenile Udang Vanname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Ilmu Kelautan*, 14 (4) : 29-35.
- Yuliati. 2010. Akumulasi logam Pb di Perairan Sungai Sail Dengan Menggunakan Bioakumulator Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 15 (1) : 39-49.
- Zumani, D., Suryaman, M., & Dewi, S. M. (2015). Pemanfaatan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) untuk fitoremediasi kadmium (Cd) pada air tercemar. *Jurnal Siliwangi Seri Sains dan Teknologi*, 1(1).