

Daya Akumulasi Kadmium (Cd) Tanaman Mangrove *Rhizophora mucronata* (Lamk.) di Perairan Laut dan Lahan Tambak Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang

Capacity of Cadmium (Cd) Accumulation of Mangrove Plants *Rhizophora mucronata* (Lamk.) in Marine Waters and Mangunharjo Ponds, Tugu District, Semarang City

Siti Nur Yulaeni, Endah Dwi Hastuti*, Munifatul Izzati, Sri Darmanti

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang-Semarang – 50275, Indonesia

*Email : endah_pdil@yahoo.com

Diterima 6 Maret 2022 / Disetujui 1 Desember 2022

ABSTRAK

Beberapa aktivitas pabrik di sekitar kawasan Mangunharjo dapat mencemari lingkungan. Salah satu limbah yang menyebabkan pencemaran adalah logam kadmium (Cd). Keberadaan mangrove di kawasan pesisir menjadi sangat penting karena vegetasi mangrove mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat. Penelitian bertujuan untuk menganalisis kemampuan akumulasi Cd dalam akar dan daun mangrove *Rhizophora mucronata* di perairan laut dan lahan tambak Mangunharjo. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola factorial 2x2 dengan 3 kali ulangan. Faktor pertama lokasi : laut (L) dan tambak (T), faktor kedua organ : akar (A) dan daun (D). Data penelitian dianalisis secara statistik dengan ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Cd pada air di perairan laut dan lahan tambak berada di atas ambang batas, sedangkan kandungan Cd pada sedimen di perairan laut dan lahan tambak masih di bawah kisaran ambang batas. Akumulasi Cd organ akar dan daun di lokasi tambak lebih tinggi jika dibandingkan dengan organ akar dan daun di lokasi laut. Nilai *Bio-Concentration Factor* (BCF) pada akar di lokasi laut paling tinggi diikuti organ akar dan daun di lokasi tambak, sedangkan daun lokasi laut paling rendah.

Kata Kunci: *Logam Berat, Kadmium, Baku Mutu, Bio-Concentration Factor.*

ABSTRACT

Several factory activities around the Mangunharjo area can pollute the environment. One of the wastes that cause pollution is metal cadmium (Cd). The existence of mangroves in coastal areas is very important because mangrove vegetation has the ability to accumulate heavy metals. The aim of this study was to analyze the ability of Cd accumulation in the roots and leaves of *Rhizophora mucronata* mangroves in sea waters and Mangunharjo ponds. The study used a completely randomized design with a 2x2 factorial pattern with 3 replications. The first factor is location: sea (L) and ponds (T), the second factor is organs: roots (A) and leaves (D). The research data were statistically analyzed by ANOVA. The results showed that the Cd content in seawater and pond land was above the threshold, while the Cd content in sediment in sea waters and ponds was still below the threshold range. Cd accumulation of root and leaf organs in pond locations was higher than that of root and leaf organs in sea locations. The value of *Bio-Concentration Factor* (BCF) in roots at sea locations was the highest followed by root and leaf organs in pond locations, while leaves at sea locations were the lowest.

Keywords: *Heavy Metals, Cadmium Content, Quality Standards, Bio-Concentration Factor.*

PENDAHULUAN

Mangrove merupakan tanaman yang memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat. Habitat utama tumbuhnya mangrove adalah di wilayah pesisir. Ekosistem mangrove memiliki peranan yang sangat besar dalam meningkatkan produksi perikanan dan mendukung keberadaan ekosistem lainnya seperti terumbu karang maupun padang lamun (Khairuddin *et al.*, 2018). Mangrove memiliki kemampuan khusus untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ekstrim seperti kadar garam yang tinggi dan kondisi tanah yang tergenang (Kaliu, 2018).

Bappeda Kota Semarang (2010) melaporkan terdapat 30 industri yang berada di dekat kawasan Mangunharjo seperti industri pakaian, industri mebel, industri obat, industri makanan, industri beton dan industri pembuatan plastik. Aktivitas pabrik menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan. Limbah mengandung logam berat yang memiliki dampak negatif bagi manusia, organisme air, dan lingkungan sekitarnya (Chandra *et al.*, 2011). Logam berat merupakan unsur anorganik yang memiliki reaksi biologis terhadap makhluk hidup sehingga berbahaya bagi kehidupan (Nugrahanto *et al.*, 2014). Salah satu logam berat yang memiliki tingkat toksisitas tinggi adalah logam kadmium (Cd). Kadmium merupakan logam berat yang sangat toksik setelah merkuri (Hg).

Rhizophora mucronata merupakan salah satu jenis mangrove yang mampu mengakumulasi logam berat. Kemampuan akumulasi logam berat yang dimiliki mangrove dapat menjadi indikator untuk menilai tingkat pencemaran logam berat di wilayah pesisir (Supriyantini *et al.*, 2017). Logam berat masuk ke dalam tubuh tumbuhan mangrove dalam bentuk ion-ion yang diabsorpsi oleh akar. Penyerapan dilakukan oleh ujung akar mangrove. Proses penyerapan terjadi pada epidermis (Song, 2016).

Kemampuan akumulasi logam berat oleh mangrove dapat diprediksi dengan cara menghitung nilai *Bio Concentration Factor* (BCF) atau faktor biokonsentrasi. Informasi mengenai akumulasi logam berat pada tanaman mangrove menjadi sangat penting, karena dengan adanya data

akumulasi logam berat pada mangrove kita dapat mengetahui lingkungan tersebut sudah masuk ke dalam kategori tercemar atau tidak. BCF merupakan perbandingan antara konsentrasi logam yang berada di organ (akar atau daun) dengan konsentrasi logam yang berada di sedimen. Semakin tinggi nilai BCF pada suatu organ, maka semakin tinggi organ tersebut mengakumulasi logam berat yang ada di lingkungan. Nilai BCF memiliki 3 kategori yaitu, akumulatif rendah apabila <100 L/kg, akumulatif sedang apabila 100-1000 L/kg, akumulatif tinggi apabila >1000 L/kg (Handayani *et al.*, 2014).

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kemampuan *Rhizophora mucronata* dalam mengakumulasi logam berat kadmium (Cd). Penelitian dilakukan di perairan laut dan lahan tambak karena untuk mengetahui perbandingan tempat mana yang mampu mengakumulasi logam kadmium (Cd) terbanyak. Martuti *et al.* (2016) menyatakan bahwa laut menjadi tempat berkumpulnya zat-zat pencemar yang terbawa oleh aliran sungai, sehingga pada saat pasang air laut yang tercemar logam berat tersebut akan mencemari tambak-tambak yang berada di wilayah pesisir. Hal ini memungkinkan adanya perbedaan kandungan logam berat yang akan mempengaruhi daya akumulasi logam berat oleh mangrove di perairan laut dan tambak.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan April-September 2021. Pengambilan sampel dilakukan di perairan laut dan tambak Mangunharjo, Kota Semarang. Preparasi sampel dan Uji AAS dilakukan di Laboratorium Wahana, Semarang. Penelitian ini menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) pola factorial 2x2, masing-masing dengan 3 kali ulangan. Faktor pertama lokasi : laut (L) dan tambak (T), faktor kedua organ : akar (A) dan daun (D) di perairan laut dan lahan tambak Mangunharjo.

Penentuan Titik Pengambilan Sampel Mangrove

Penentuan titik pengambilan sampel dilakukan di tambak dan laut dengan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan lokasi penelitian ditentukan berdasarkan daerah yang ditumbuhi jenis mangrove *Rhizophora mucronata* stadium pohon. Kriteria stadium pohon mangrove menurut Setyobudiandi *et al.* (2009) adalah tinggi yang dimiliki lebih dari 1,5 meter dan diameter lebih dari 10 cm. Titik sampling pada kedua lokasi ditentukan secara acak.

Pengambilan Sampel Akar dan Daun Mangrove

Sampel akar mangrove yang diambil adalah bagian dari akar nafas dengan panjang 10-20 cm. Sampel daun diambil dari pohon yang sama dengan sampel akar dengan jumlah daun 10-20 helai. Daun yang diambil adalah daun dengan urutan ke-3 dan 4 yang memiliki warna hijau tua. Sampel akar dan daun kemudian dimasukkan ke dalam plastik yang sudah diberi label untuk selanjutnya di uji konsentrasi logam berat Cd di Laboratorium. Pengambilan sampel akar dan daun mangrove dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan di perairan laut dan tambak.

Pengambilan Sampel Sedimen dan Air

Sampel sedimen diambil sebanyak 250 g menggunakan cethok dan dimasukkan ke dalam plastik *zipper*. Sampel air diambil sebanyak 100 mL dan dimasukkan ke dalam botol. Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan di perairan laut dan tambak.

Preparasi Sampel Akar dan Daun Mangrove

Sampel akar dan daun masing-masing dipotong menjadi potongan-potongan kecil. Potongan sampel dikeringkan dalam oven bersuhu 60°C selama 3-4 hari. Sampel yang telah kering diblender menjadi serbuk. Serbuk sampel akar dan daun mangrove masing-masing ditimbang seberat 5 g. Serbuk sampel dilakukan proses pengabuan dalam tanur bersuhu 600-650°C selama 4 jam. Serbuk sampel akar dan daun masing-masing ditambahkan dengan 10 mL HNO₃ pekat dan ditambah akuades sampai volume menjadi 50 mL. Larutan sampel dipanaskan di atas *hotplate* sampai

mendidih dan ditunggu selama 10 menit pada proses pendidihan. Larutan sampel yang panas ditunggu hingga dingin. Larutan sampel disaring dengan kertas saring ke dalam erlenmeyer. Larutan sampel ditambah *aquademin* sampai volumenya menjadi 50 mL dan divortex selama 1 menit.

Preparasi Sampel Sedimen

Sampel sedimen sebanyak 30 mL ditambah dengan 10 mL *aquademin* dan 10 ml HNO₃ pekat. Larutan sampel sedimen dididihkan di atas *hotplate* selama 10 menit. Larutan sampel sedimen yang telah dingin selanjutnya disaring dengan kertas saring ke dalam erlenmeyer. Larutan sampel sedimen ditambah dengan *aquademin* sampai volumenya menjadi 50 mL dan divortex selama 1 menit.

Preparasi Sampel Air

Sampel air sebanyak 100 mL ditambah dengan 10 mL HNO₃ pekat. Campuran air sampel dididihkan di atas *hotplate* sampai volumenya berkurang sebanyak 50 mL. Campuran sampel didinginkan dan disaring dengan kertas saring ke dalam labu erlenmeyer. Campuran sampel ditambah *aquademin* sebanyak 50 mL

Pengujian Sampel dengan AAS

Instrumen AAS diatur dengan mengacu instruksi dalam *manual book* instrumen AAS (Nastia, 2014). Panjang gelombang untuk menguji logam berat Cd diatur sebesar 228,8 nm. Proses kalibrasi dilakukan dengan kurva standar logam Cd pada konsentrasi 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 ppm. Absorbansi masing-masing larutan sampel diukur.

Perhitungan Konsentrasi Logam Berat

Konsentrasi logam berat yang sebenarnya menurut Panjaitan (2009) dapat dihitung dengan rumus :

$$K \text{ Sebenarnya} = \frac{K \text{ AAS} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times \text{Vol. Pelarut (L)}}{\text{Berat Sampel (mg)}}$$

Keterangan :

K sebenarnya : Konsentrasi logam sebenarnya

K AAS : Hasil Pengukuran AAS pada sampel
 Vol. Pelarut : Volume pelarut yang digunakan
 Berat Sampel : Berat sampel yang digunakan

Penentuan Bio Concentration factor (BCF)

Kemampuan akumulasi mangrove *Rhizophora mucronata* terhadap logam berat Cd di perairan laut dan lahan tambak dapat dihitung menggunakan rumus *Bio Concentration factor* (BCF) atau faktor biokonsentrasi. Rumus BCF menurut Jupriyati (2013) yaitu :

$$BCF = \frac{\text{logam berat pada akar atau daun}}{\text{logam berat pada sedimen}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Air Habitat Mangrove *Rhizophora mucronata*

Nilai rata-rata parameter fisika-kimia habitat mangrove *Rhizophora mucronata* dapat dilihat pada tabel 1. Nilai rata-rata suhu di lokasi tambak yaitu 24.97°C, sedangkan nilai rata-rata suhu di lokasi laut yaitu 27.84°C. Hasil pengukuran suhu di lokasi tambak lebih rendah dari pada suhu di lokasi laut. Hal ini disebabkan oleh kerapatan mangrove pada lokasi tambak yang lebih padat sehingga mampu menghalangi intensitas cahaya matahari menuju perairan. Schaduw (2018) menyatakan bahwa suhu di perairan laut lebih tinggi dari pada suhu di lahan tambak karena dipengaruhi oleh penetrasi cahaya matahari. Bagian ekosistem yang berdekatan dengan daratan tertutup oleh kanopi mangrove sehingga memiliki suhu yang cenderung lebih rendah. Menurut Hidayati dan Fibria (2019), suhu yang baik untuk mangrove yaitu suhu yang tidak kurang dari 20°C. Suhu merupakan salah satu faktor yang menentukan proses metabolisme organisme di perairan. Terjadinya perubahan suhu yang ekstrim dapat mengganggu kehidupan suatu organisme atau dapat menyebabkan kematian. Suhu perairan dapat mengalami perubahan sesuai dengan musim, letak lintang suatu wilayah, sirkulasi udara, penutupan awan, aliran air, waktu pengukuran dan kedalaman air.

Nilai rata-rata pH di lokasi tambak yaitu 6.39, sedangkan nilai rata-rata pH di lokasi laut yaitu 7.20. Hasil pengukuran pH di lokasi tambak

lebih rendah dari pada pH di lokasi laut. Hal ini disebabkan oleh kondisi air di lokasi tambak yang lebih ternaungi dan kondisi air di lokasi laut yang lebih terbuka. Menurut Schaduw (2018), perbedaan nilai pH pada masing-masing daerah perairan dapat dipengaruhi oleh oseanografi daerah tersebut. Perairan terbuka cenderung memiliki nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan perairan yang tertutup. Lokasi yang terbuka menyebabkan tingginya penetrasi cahaya ke dalam perairan sehingga mendorong tingginya fotosintesis fitoplankton. Ion hidrogen banyak digunakan untuk mereduksi karbondioksida sehingga terjadi peningkatan pH. Lokasi laut memiliki nilai pH yang cenderung basa dan lokasi tambak cenderung menurunkan nilai pH menjadi asam. Wantasen (2013) menyatakan bahwa rentang toleransi pH dalam mendukung kestabilan ekosistem mangrove adalah sekitar 6.0 – 9.0 dan pH yang optimal sekitar 7.0 – 8.5.

Nilai rata-rata salinitas di lokasi tambak yaitu 13.57 ppt, sedangkan nilai rata-rata salinitas di lokasi laut yaitu 13.80 ppt. Hidayati dan Fibria (2019) menyatakan bahwa salinitas yang dibutuhkan untuk mangrove berkisar antara 10-30 ppt. Perubahan salinitas tidak berpengaruh langsung terhadap vegetasi mangrove, tetapi dapat membahayakan biota lain yang berasosiasi dengan vegetasi. Peningkatan salinitas dapat menyebabkan kematian bagi biota termasuk fitoplankton sebagai penghasil oksigen, akibatnya kandungan oksigen terlarut di perairan dapat mengalami penurunan. Peningkatan ketebalan lumpur dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut, hal ini dapat terjadi karena penambahan substrat berasal dari arus pasang yang membawa substrat lumpur sehingga seringkali menyebabkan peningkatan kekeruhan air. Air yang keruh akan menyulitkan penetrasi cahaya masuk ke permukaan air sehingga mengakibatkan fitoplankton tidak dapat berfotosintesis secara optimal, akibatnya jumlah oksigen terlarut yang dihasilkan menjadi lebih rendah (Poedjirahajoe et al., 2017).

Nilai rata-rata DO di lokasi tambak yaitu 3.31 mg/L, sedangkan nilai rata-rata DO di lokasi laut yaitu 8.78 mg/L. Hasil pengukuran DO di lokasi tambak lebih rendah dari pada DO di lokasi laut. Rendahnya oksigen terlarut pada lokasi

tambak kemungkinan disebabkan oleh aktivitas fotosintesis fitoplankton yang tidak maksimal. Disamping itu rendahnya DO dapat terjadi karena banyaknya bahan organik yang masuk atau akibat sisa-sisa aktivitas pertambakan seperti limbah

pak. Menurut Poedjirahajoe *et al* (2017), kandungan oksigen terlarut yang tinggi menandakan proses fotosintesis oleh fitoplankton di kawasan tersebut cukup optimal.

Tabel 1. Parameter fisika-kimia habitat *Rhizophora mucronata*

Stasiun	Parameter				
	Suhu (°C)	Derajat Keasaman (pH)	Salinitas (ppt)	DO (mg/L)	
Tambak	1	25.08	6.23	13.58	3.79
	2	24.92	6.61	13.49	3.95
	3	24.92	6.34	13.65	2.19
	Rata-rata	24.97	6.39	13.57	3.31
Laut	1	27.94	7.12	13.96	8.71
	2	27.84	7.03	13.05	9.11
	3	27.75	7.45	14.39	8.51
	Rata-rata	27.84	7.20	13.80	8.78
Baku Mutu	≥20°C	7,0-8,5*	≤34*	>5>6*	

*) KepMen LH No 51 Tahun 2004

Kandungan Kadmium (Cd) pada Air dan Sedimen

Sampel sedimen pada lokasi tambak memiliki nilai yang paling tinggi terhadap kandungan kadmium, sedangkan sampel air pada lokasi tambak memiliki nilai yang paling rendah terhadap kandungan kadmium dan tidak berbeda nyata dengan sampel air pada lokasi laut.

Hasil yang diperoleh kandungan kadmium (Cd) yaitu air di perairan laut berkisar antara 0,0080-0,0200 ppm, sedangkan kandungan kadmium (Cd) pada air di lahan tambak berkisar antara 0,0097-0,0130 ppm. Hasil yang diperoleh

kandungan kadmium (Cd) pada sedimen di perairan laut berkisar antara 0,0930-0,1520 ppm, sedangkan kandungan kadmium (Cd) pada sedimen di lahan tambak berkisar antara 1,2045-1,2303 ppm. Kandungan kadmium (Cd) pada air baik di perairan laut maupun lahan tambak melebihi ambang batas perairan yang telah ditetapkan oleh Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup (2004) yaitu sebesar 0,001 ppm, sedangkan kandungan kadmium (Cd) pada sedimen baik di perairan laut maupun lahan tambak masih di bawah kisaran ambang batas normal sesuai ketentuan konsentrasi kadmium (Cd) menurut *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) yaitu sebesar 9,6 ppm.

Tabel 2. Kandungan logam Cd pada habitat *Rhizophora mucronata*

Sampel Lingkungan	Lokasi		Baku Mutu
	Laut (L)	Tambak (T)	
Air (R)	0,0150 ^c	0,0110 ^c	0,001 mg/l*
Sedimen (S)	0,1250 ^b	1,2157 ^a	9.6 ppm**

Keterangan : Angka diikuti dengan notasi yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf signifikansi 5%.

*) KepMen LH No 51 Tahun 2004

***) NOAA 1999

Berdasarkan hasil penelitian kandungan kadmium (Cd) pada air lebih rendah jika dibandingkan dengan kandungan kadmium (Cd)

pada sedimen. Hal tersebut dikarenakan sifat logam berat yang mudah mengendap karena berikatan dengan bahan organik. Hasil penelitian

Supriyantini dan Nirwani (2015) menunjukkan bahwa kandungan logam berat di dalam air memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan yang ada di sedimen. Hal ini disebabkan karena logam berat memiliki sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan sehingga konsentrasi logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibanding dalam air. Menurut Dewi et al (2018), logam berat memiliki kepadatan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan air sehingga logam berat dapat mengendap di sedimen.

Kandungan Kadmium (Cd) pada mangrove *Rhizophora mucronata*

Organ daun pada lokasi laut memiliki nilai yang paling rendah terhadap kandungan kadmium, sedangkan organ akar pada lokasi tambak memiliki nilai yang paling tinggi terhadap kandungan kadmium dan tidak berbeda nyata dengan organ daun pada lokasi tambak.

Kandungan kadmium organ akar di lokasi laut dan tambak lebih tinggi dari pada organ daun lokasi laut dan tambak. Kandungan kadmium

ditemukan lebih banyak di organ akar mangrove dari pada di daun karena akar memiliki kontak langsung dengan air dan sedimen, hal tersebut dapat menyebabkan organ akar memiliki kandungan kadmium yang tinggi. Setiawan (2013) menyatakan bahwa besarnya kandungan logam berat pada akar terjadi karena akar berinteraksi langsung dengan air dan sedimen yang telah terkontaminasi logam berat.

Hasil kandungan Cd pada sampel akar dan daun mangrove lokasi tambak masing-masing sebesar 0,2406 ppm dan 0,2329 ppm. Organ akar dan daun lokasi tambak menunjukkan tidak berbeda nyata. Akumulasi kadmium melalui bantuan transpor molekul dalam membran akar kemudian akan membentuk transpor logam kompleks yang menembus xilem dan menuju ke sel daun. Menurut Rohmawati (2007), setelah sampai di daun, logam berat akan melewati plasmalemma, sitoplasma dan tonoplasma untuk memasuki vakuola. Molekul kompleks bereaksi dengan akseptor terminal molekul untuk membentuk akseptor kompleks logam, kemudian transpor molekul dilepas dan akseptor kompleks logam terakumulasi dalam vakuola. Proses tersebut terjadi di vakuola transpor.

Tabel 3. Kandungan logam Cd pada akar dan daun *Rhizophora mucronata*

Organ	Lokasi	
	Laut (L)	Tambak (T)
Akar (A)	0,0716 ^b	0,2406 ^a
Daun (D)	0,0056 ^c	0,2329 ^a

Keterangan : Angka diikuti dengan notasi yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf signifikansi 5%.

Hasil kandungan Cd pada sampel akar dan daun mangrove lokasi laut masing-masing sebesar 0,0716 ppm dan 0,0056 ppm. Organ akar dan daun lokasi laut menunjukkan berbeda nyata. Kandungan Cd organ akar lokasi laut lebih tinggi dari pada organ daun lokasi laut. Logam berat seperti Cd bersamaan dengan hara yang lain berikatan dengan permukaan akar. Pada sel-sel akar, sistem pengangkutan dan pengambilan logam Cd terjadi melalui plasma membran. Menurut Palar (2008), urutan pengambilan logam berat ke dalam simpulas akar dan pergerakan ke xilem mencakup 3 tahapan yaitu penahanan logam berat dalam sel akar, pengangkutan simplastik ke stele dan dilepas ke xilem yang dibantu oleh membran pengangkutan

protein. Fitokelatin dan metalothionein memiliki peran penting dalam pengangkutan dan translokasi logam berat. Fitokelatin adalah kelompok protein yang memiliki asam amino cystein, glycine dan asam glutamat. Protein ini yang menginduksi tanaman apabila tanaman mengalami cekaman logam berat. Senyawa fitokelatin mengikat ion logam dan membawanya ke vakuola dimana logam berat tidak lebih lama menjadi toksik atau terjadi pengenceran konsentrasi toksik dari logam berat tersebut. Metalothionein menciptakan ruang penyimpanan ion untuk kelebihan ion-ion logam berat. Metalothionein merupakan protein transpor yang bertanggungjawab pada pemindahan

kelebihan logam berat dari satu tempat pada tanaman.

Akumulasi kadmium (Cd) organ akar di lokasi tambak lebih tinggi jika dibandingkan dengan organ akar di lokasi laut. Menurut Usman *et al* (2013), tinggi rendahnya konsentrasi logam berat disebabkan oleh jumlah masukan limbah logam berat ke perairan. Semakin besar limbah yang masuk ke dalam suatu perairan maka semakin besar konsentrasi logam tersebut dalam suatu perairan.

Nilai *Bio-Concentration Factor* (BCF) pada Akar dan Daun Mangrove *Rhizophora mucronata* di Perairan Laut dan Lahan Tambak

Organ daun pada lokasi laut memiliki nilai BCF yang paling rendah terhadap kemampuan akumulasi kadmium, sedangkan akar pada lokasi laut memiliki nilai BCF paling tinggi terhadap kemampuan akumulasi kadmium. Organ akar dan daun pada lokasi tambak tidak berbeda nyata terhadap kemampuan akumulasi kadmium. Nilai BCF semua organ mangrove *Rhizophora mucronata* baik di lokasi tambak maupun laut termasuk kategori akumulatif rendah dengan BCF <100.

Hasil BCF menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan perlakuan antara organ akar dan daun pada lokasi tambak. Hal tersebut dapat terjadi karena kandungan kadmium organ akar dan daun pada lokasi tambak tidak berbeda nyata. Organ akar lokasi laut lebih baik dalam menyerap kadmium dibanding dengan organ daun lokasi laut. Perhitungan nilai BCF di akar lebih tinggi dari pada di daun karena akar berinteraksi langsung dengan sedimen (Supriyantini (2017)). Akumulasi logam berat pada organ mangrove yang terbesar adalah

organ akar karena akar mengalami kontak langsung dengan sedimen yang tercemar (Kusumastuti, 2009). Lase *et al* (2016) menyatakan bahwa logam kadmium memiliki kemampuan translokasi yang rendah sehingga lebih terkonsentrasi di akar dari pada di daun.

Rata-rata *Bio-Concentration Factor* (BCF) organ akar di lokasi laut lebih tinggi jika dibandingkan dengan organ akar di lokasi tambak. Hal ini membuktikan bahwa tingginya kandungan kadmium pada organ tidak berbanding lurus dengan daya akumulasi. Kandungan kadmium pada akar lokasi laut lebih rendah menunjukkan nilai BCF yang lebih tinggi karena laut mempunyai sedimen berlumpur dan berpasir yang tidak mengikat kuat kadmium sehingga lebih mudah diserap oleh akar, sedangkan kandungan kadmium pada akar lokasi tambak lebih tinggi menunjukkan nilai BCF yang lebih rendah karena tambak mempunyai sedimen berlumpur yang mengikat kuat kadmium sehingga lebih sulit diserap oleh akar. Hal ini menunjukkan bahwa akumulasi yang rendah belum tentu memiliki nilai BCF yang rendah atau akumulasi yang tinggi belum tentu memiliki nilai BCF yang tinggi.

Nilai BCF yang memiliki pengaruh tertinggi adalah organ akar di lokasi laut. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya perbedaan substrat dimana pada lokasi tambak memiliki sedimen berlumpur, sedangkan pada lokasi laut memiliki sedimen berlumpur dan berpasir. Menurut Maslukah (2013), sedimen yang memiliki ukuran partikel lebih halus (berlumpur) mempunyai daya ikat dan luas permukaan ikat yang lebih kuat terhadap Cd sehingga Cd lebih banyak terakumulasi dalam sedimen.

Tabel 4. Nilai *Bio-Concentration Factor* (BCF) *Rhizophora mucronata*

Organ	Lokasi	
	Laut (L)	Tambak (T)
Akar (A)	0,5700 ^a	0,1900 ^b
Daun (D)	0,0367 ^c	0,1900 ^b

Keterangan : Angka diikuti dengan notasi yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf signifikansi 5%.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan Kandungan kadmium (Cd) pada air di perairan laut dan lahan tambak berada diatas ambang batas. Kandungan kadmium (Cd) pada sedimen baik di perairan laut maupun lahan tambak masih di bawah kisaran ambang batas Akumulasi kadmium (Cd) organ akar dan daun di lokasi tambak lebih tinggi jika dibandingkan dengan organ akar dan daun di lokasi laut. Nilai *Bio-Concentration Factor* (BCF) pada akar di lokasi laut paling tinggi diikuti organ akar dan daun di lokasi tambak, sedangkan daun lokasi laut paling rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Chandra, I.A., G. Seca, and A.M.K. Hena. 2011. Aboveground Biomass Production of *Rhizophora apiculata* Blume in Sarawak Mangrove Forest. *Agricultural and Biological Sciences*, 6 (4), 469-474.
- Dewi, P.K., E.D. Hastuti, R. Budihastuti. 2018. Kemampuan Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) pada Akar Mangrove Jenis *Avicennia marina* (Forsk.) dan *Rhizophora mucronata* (Lamk.) di Lahan Tambak. *Jurnal Akademika Biologi*, 7 (4), 14-19.
- Handayani, R.I., N.K. Dewi, B. Priyono. 2014. Akumulasi Kromium (Cr) pada Daging Ikan Nila Merah (*Oreochromis ssp.*) dalam Karamba Jaring Apung di Sungai Winongo Yogyakarta. *Jurnal MIPA*, 37 (2), 123-129.
- Hidayati, A. dan Fibria Kaswinarni. 2019. *Keterkaitan Keragaman Mangrove terhadap Sumber Daya Ikan pada Ekosistem Mangrove Mangunharjo Kecamatan Tugu Semarang*. Universitas PGRI Semarang.
- Kaliu, Sutriani. 2018. Struktur Vegetasi Mangrove dan Fekunditas di Desa Terapungmawasangka Sulawesi Tenggara. *Jurnal Sainetik*, 4 (1).
- Khairuddin, M. Yamin, A. Syukur. 2018. Analisis Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove Sebagai Bioindikator di Teluk Bima. *Jurnal Biologi Tropis*, 18 (1), ISSN (e): 2549-7863 ISSN (p): 1411-9587.
- Lase, V.A., Yunasfi dan Desrita. 2016. Daya Serap Mangrove *Avicennia marina* terhadap Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) di Kampung Nelayan Kecamatan Medan Belawan Sumatera. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.
- Martuti, N.K.T., B. Widianarko, B. Yulianto. 2016. Eliminasi Logam Cu oleh Serasah *Avicennia marina* di Lingkungan Tambak Bandeng Wilayah Tapak Tugurejo, Semarang. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 23 (3), 304-309.
- Masluhah, L. 2013. Hubungan antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 2, 55-62.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 1999. *Sediment Quality Guidelines Developed for the National Status and Trends Program*.
- Nugrahanto, N. Prasetyo, B. Yulianto, R. Azizah. 2014. Pengaruh Pemberian Logam Berat Pb terhadap Akar, Daun, dan Pertumbuhan Anakan Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal of Marine Research*, 2 (3), 107-114.
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Poedjirahajoe, E., M. Djoko, F.K. Wardhani. 2017. Penggunaan *Principal Component Analysis* dalam Distribusi Spasial Vegetasi Mangrove di Pantai Utara Pemalang. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 11, 29-42.
- Rohmawati. 2007. Uji Daya Akumulasi tumbuhan *Avicennia marina* terhadap Logam Berat (Cu, Cd dan Hg) di Pantai Kenjeran Surabaya. *Skripsi*. Jurusan Biologi. Universitas Islam Negeri Malang.
- Schaduw, J.N.W. 2018. Distribusi dan Karakteristik Kualitas Perairan Ekosistem Mangrove Pulau Kecil Taman Nasional Bunaken. *Majalah Geografi Indonesia*, 32 (1), 40-49.
- Setiawan, Heru. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7 (1).
- Song, Y., L. Jin, X. Wang. 2016. Cadmium Absorption and Transportation Pathways in Plants. *International Journal of Phytoremediation*, 19 (2), 133-141.
- Supriyantini, E. dan Nirwani. 2015. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Akar dan Buah Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18 (2), 98-106.
- Supriyantini, E., R.A.T. Nuraini, C.P. Dewi. 2017. Daya Serap Mangrove *Rhizophora* sp. terhadap Logam Berat Timbal (Pb) di

Perairan Mangrove Park, Pekalongan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20 (1), 16-24.

Usman, S., N.L. Nafie, M. Ramang. 2013. Distribusi Kuantitatif Logam Berat Pb dalam Air, Sedimen dan Ikan Merah (*Lutjanus erythropterus*) di Sekitar Perairan Pelabuhan Parepare. *Marina Chimica Acta*, 14 (2), 1411-2132.

Wantesan, A.S. 2013. Kondisi Kualitas Perairan dan Substrat Dasar sebagai Faktor Pendukung Aktivitas Pertumbuhan Mangrove di Pantai Pesisir Desa Basaan 1 Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1 (4), 204-209.