

Kemampuan Biosorpsi Dan Pertumbuhan Rumput Laut *Gracilaria* sp. Pada Media Mengandung Logam Berat Kadmium (Cd)

Bambang Yulianto, Rini Pramesti, Rozi Hamdani, Sunaryo dan Adi Santoso

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH. Tembalang, Semarang 50275 Indonesia
Email: bbyulianto@gmail.com

Abstract

Biosorption Capacity and Growth of Seaweed *Gracilaria* sp. In Media Containing Heavy Metal Cadmium (Cd)

Contamination of coastal and marine waters by heavy metals in significant concentrations will threaten the lives of biota inhabitant. One of the dangerous heavy metals due to its potential toxicity is cadmium (Cd). The purpose of this study was to find out: biosorption ability of *Gracilaria* sp. against Cd in seawater media, the effect of exposure time on Cd content absorbed by *Gracilaria* sp., and growth of *Gracilaria* sp. in Cd-contaminated media with different concentrations. This study used a laboratory experimental method, by exposing *Gracilaria* sp. to three different concentration treatments and one control treatment (A: Control; B: 0.1 mg/L; C: 1 mg/L; and D: 10 mg/L) for 4 weeks. Observation of biosorption ability and growth of *Gracilaria* sp. was done every week. The results of the research on biosorption ability showed that *Gracilaria* sp. was able to absorb Cd dissolved in seawater. The concentrations of Cd absorbed by *Gracilaria* sp., respectively in treatment B were 1.81 mg/kg (first week), 2.33 mg/kg (second week), 4.51 mg/kg (3rd week), and 1.47 mg/kg (4th week); in treatment C were 8.07 mg/kg (first week), 11.67 mg/kg (second week), 9.86 mg/kg (3rd week), and 8.67 mg/kg (4th week); and in treatment D were 52.59 mg/kg (first week), 56.66 mg/kg (second week), 78.01 mg/kg (3rd week), and 87.67 mg/kg (4th week). It is concluded that *Gracilaria* sp was capable of absorbing cadmium dissolved in seawater. However, the growth of *Gracilaria* sp. (absolute and specific growth rate) showed a decrease in biomass weight due to exposure to Cd-contaminated media, making *Gracilaria* sp. was not as a good species to be used as a Cd-metal hyperaccumulator.

Keywords: cadmium (Cd); heavy metal; biosorption; *Gracilaria* sp.

Abstract

Kontaminasi perairan pesisir dan laut oleh logam berat dalam konsentrasi yang signifikan akan mengancam bagi kehidupan biota yang ada di dalamnya. Salah satu logam berat yang berbahaya karena sifat toksisitasnya adalah Kadmium (Cd). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui: 1) kemampuan biosorpsi rumput laut *Gracilaria* sp. terhadap logam berat Cd dalam media air laut dengan konsentrasi yang berbeda, 2) mengetahui pengaruh perbedaan waktu pendedahan (*exposure time*) terhadap kandungan logam Cd terabsorpsi oleh *Gracilaria* sp., dan 3) mengetahui pertumbuhan *Gracilaria* sp. pada media terkontaminasi logam berat Cd dengan konsentrasi yang berbeda. Penelitian menggunakan metode eksperimen laboratorium, dengan melakukan pemaparan rumput laut *Gracilaria* sp. pada tiga perlakuan konsentrasi yang berbeda dan satu perlakuan kontrol (A: Kontrol; B: 0,1 mg/L; C: 1 mg/L; dan D 10 mg/L) selama 4 minggu masa pemeliharaan. Pengamatan kemampuan bioabsorpsi dan pertumbuhan *Gracilaria* sp. dilakukan setiap minggu. Hasil penelitian kemampuan bioabsorpsi menunjukkan bahwa *Gracilaria* sp. mampu menyerap logam Cd yang terlarut dalam air laut. Konsentrasi logam berat Cd yang diserap *Gracilaria* sp. pada perlakuan B = 1,81 mg/kg (minggu ke-1), 2,33 mg/kg (minggu ke-2), 4,51 mg/kg (minggu ke-3), 1,47 mg/kg (minggu ke-4); Perlakuan C = 8,07 mg/kg (minggu ke-1), 11,67 mg/kg (minggu ke-2), 9,86 mg/kg (minggu ke-3), dan 8,67 mg/kg (minggu ke-4); Perlakuan D = 52,59 mg/kg (minggu ke-1), 56,66 mg/kg (minggu ke-2), 78,01 mg/kg (minggu ke-3), dan 87,67 mg/kg (minggu ke-4). Dapat disimpulkan bahwa *Gracilaria* sp mampu menyerap Cd terlarut dalam air laut. Namun demikian, pertumbuhan *Gracilaria* sp. (pertumbuhan mutlak dan

laju pertumbuhan spesifik) mengalami penurunan berat biomassa akibat paparan pada media mengandung logam Cd, sehingga menjadikan spesies *Gracilaria* sp. bukan sebagai spesies hiperakumulator yang baik untuk logam Cd.

Kata kunci: kadmium (Cd); Logam Berat; biosorpsi; *Gracilaria* sp.

PENDAHULUAN

Pencemaran adalah suatu peristiwa masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan sehingga kualitasnya menurun. Terdapat fenomena pada masyarakat yang menyatakan bahwa laut adalah jalan keluar dalam mengatasi permasalahan limbah dan menjadikan laut sebagai tempat pembuangan limbah. Limbah yang memasuki perairan laut dapat berasal dari berbagai kegiatan, seperti industri, pertanian dan rumah tangga. Salah satu jenis pencemar yang memasuki perairan pesisir dan laut yang berbahaya dan berpotensi merusak perairan adalah limbah logam berat (Santoso, 2013).

Logam berat sesuai fungsinya dibagi dua, yaitu logam esensial dan logam non-esensial. Logam esensial merupakan logam yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah yang relatif kecil. Namun demikian dalam jumlah yang berlebih dapat menimbulkan efek racun. Jenis logam esensial antara lain: Cu, Fe, Zn, Mn, Mo, Se, dan Sn. Logam non-esensial merupakan logam yang beracun (*toxic metal*) yang keberadaannya dalam organisme belum diketahui manfaatnya, contohnya Hg, Cd, Pb, Sn, Cr (Sosrosuhardjo, 2010). Salah satu logam non-esensial yang berbahaya karena toksisitasnya adalah logam Cd. Logam Cd mempunyai penyebaran yang luas dan dapat ditemukan dengan mudah di alam. Kandungan Cd yang berlebih di perairan akan mengakibatkan konsentrasi logam berat Cd di perairan meningkat (Lestari *et al.*, 2008).

Kandungan logam berat di perairan dapat dikurangi dengan memanfaatkan tanaman air remediator, salah satunya adalah rumput laut. Tanaman ini dapat mengakumulasi bahan pencemar, sehingga dapat digunakan sebagai biosorben (Raya &

Ramlah, 2012). Beberapa penelitian menunjukkan adanya kemampuan biosorpsi logam berat Cd di dalam air oleh rumput laut merah *Chondrus crispus* (Romera *et al.*, 2006), logam berat Cu dalam air laut oleh rumput laut *Gracilaria* sp. (Yulianto *et al.*, 2006), dan logam berat Cr oleh rumput laut *Sargassum cristaefolium* (Lestari *et al.*, 2008). Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa rumput laut memiliki kemampuan serap polutan logam berat sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai agen fitoremediator logam berat di perairan.

Penelitian ini dilakukan dalam rangka mencari jenis vegetasi pantai atau laut yang memiliki kemampuan bertindak sebagai *biosorbent* logam berat di perairan laut sehingga dapat dijadikan sebagai *Phytoremediator* pencemaran laut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui: kemampuan biosorpsi rumput laut *Gracilaria* sp. terhadap logam berat Cd dalam media air laut; pengaruh perbedaan waktu pendedahan (*exposure time*) terhadap kandungan logam Cd terabsorpsi oleh *Gracilaria* sp.; dan pertumbuhan *Gracilaria* sp. pada media terkontaminasi logam berat Cd.

METODE PENELITIAN

Materi yang digunakan pada penelitian ini adalah rumput laut *Gracilaria* sp. dan logam berat CdSO₄.8H₂O (Merck®). Pelaksanaan uji toksisitas dengan menggunakan wadah uji berupa akuarium yang berisi media air laut yang diambil dari perairan laut Jepara.

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimental laboratoris. Perlakuan yang diberikan adalah perbedaan konsentrasi logam Cd dalam media kultur dan perbedaan waktu pendedahan (*exposure time*) rumput laut *Gracilaria* sp. pada media kultur

terkontaminasi Cd. Perlakuan perbedaan konsentrasi logam Cd terdiri dari 4 tingkat, yaitu kontrol (0,12 mg/L dalam air laut yang diambil dari Jepara); 0,1 mg/L; 1 mg/L dan 10 mg/L. Sedangkan perlakuan perbedaan waktu pendedahan terdiri dari 4 tingkat, yaitu: 1 minggu; 2 minggu; 3 minggu; dan 4 minggu.

Parameter yang diukur meliputi, berat basah, pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan spesifik (SGR), kandungan logam berat, dan parameter kualitas air pada *Gracilaria* sp. Pertumbuhan Mutlak merupakan pertambahan berat selama masa pemeliharaan. Bahan toksikan yang digunakan pada penelitian adalah Kadmium Sulfat ($CdSO_4 \cdot 8H_2O$). Larutan stok Cd dipersiapkan dengan konsentrasi 1000 mg/L. Pembuatan larutan stok ini dilakukan dengan melarutkan 1 gr Cd ke dalam 1000 ml cairan akuades. Yulianto (2012), untuk mendapatkan larutan induk (*stock solution*) 1000 mg/L dilakukan dengan cara menghitung kadar logam Cd dalam senyawa $CdSO_4 \cdot 8H_2O$. Media percobaan disiapkan dengan cara air media pemeliharaan dalam akuarium dikontaminasi dengan logam Cd dengan mencampurkan sejumlah larutan induk kedalamnya sesuai konsentrasi perlakuan.

Setelah media percobaan siap, selanjutnya rumput laut *Gracilaria* sp. dimasukkan kedalam masing-masing akuarium dengan berat 400 g, dimana 200 g digunakan sebagai sampel yang akan dianalisis konsentrasi logam Cd dan 200 g digunakan sebagai sampel perhitungan pertumbuhannya. Analisis kandungan logam berat meliputi kandungan Cd pada rumput laut dan pada air media percobaan.

Pengamatan dilakukan dengan mengambil sampel rumput laut sebanyak 25 gram berat basah, kemudian di oven dengan suhu 100°C selama 45 menit, dan diperoleh sampel kering dengan berat ± 5 g untuk selanjutnya dilakukan destruksi basah dengan menggunakan campuran asam HNO_3 65% dan H_2O_2 30% (perbandingan 6:2). Penambahan HNO_3 dilakukan sedikit demi sedikit sebanyak 30 ml di atas pemanas dengan suhu 100°C sambil dilakukan pengadukan dengan menggunakan

magnetic stirrer. Larutan tersebut akan berwarna oranye kekuningan, kemudian sampel didinginkan ± 15 menit. Penambahan H_2O_2 30% dilakukan sedikit demi sedikit sebanyak 10 ml dengan suhu 100°C hingga larutan berubah menjadi jernih. Larutan hasil dari destruksi dipindahkan kedalam labu ukur 50 ml dan diencerkan dengan menggunakan HNO_3 1% hingga tanda batas. Larutan di saring menggunakan kertas saring *whatman* nomor 42 dan filtrat yang dihasilkan diukur absorbansinya dengan menggunakan AAS (Wulandari & Sukesu, 2013).

Analisis statistika data hasil penelitian dilakukan dengan uji ANOVA, hubungan korelasi dan regresi dengan menggunakan bantuan perangkat lunak SPSS (*statistical Product and Service Solutions*) versi 16.00.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Absorpsi logam Cd oleh *Gracilaria* sp. selama 4 minggu masa pemeliharaan pada berbagai perbedaan konsentrasi Cd pada media menunjukkan perbedaan nilai pada masing-masing perlakuan (Tabel 1).

Absorpsi logam Cd oleh *Gracilaria* sp. selama 4 minggu masa pemeliharaan dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil analisis logam Cd pada *Gracilaria* sp. menunjukkan nilai rata-rata absorpsi logam Cd tertinggi terdapat pada perlakuan D (10 mg/L) pada minggu ke-4 (87,87 mg/kg), sedangkan nilai absorpsi logam Cd terendah terjadi pada perlakuan A (kontrol) yakni pada minggu ke-1 ($0,20 \pm 0,03$ mg/kg). Hasil ini juga menunjukkan bahwa tinggi rendahnya konsentrasi logam Cd pada media pemeliharaan akan memberikan pengaruh pada tinggi rendahnya hasil penyerapan oleh *Gracilaria* sp. Nilai tersebut memperlihatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi Cd pada media (perlakuan A, B, C dan D), maka akan semakin tinggi pula absorpsi Cd yang dilakukan oleh rumput laut *Gracilaria* sp. Lama waktu paparan *Gracilaria* sp. Pada perlakuan A, B, C dan D juga berpengaruh terhadap tinggi rendahnya absorpsi Cd oleh *Gracilaria* sp. Semakin lama waktu paparan dan semakin tinggi konsentrasi Cd pada media pemeliharaan mengakibatkan tingginya absorpsi logam Cd oleh *Gracilaria* sp.

Tabel 1. Absorpsi Logam Cd (mg/kg) oleh *Gracilaria* sp. dengan Konsentrasi Cd Media yang Berbeda selama 4 Minggu Masa Pemeliharaan

Perlakuan	Konsentrasi Logam Cd pada <i>Gracilaria</i> sp. (mg/kg) pada Minggu ke-				
	0	1	2	3	4
A	0,20±0,03	0,44±0,38	0,59±0,45	0,38±0,16	0,30±0,09
B	0,20±0,03	1,81±0,60	2,33±1,06	4,51±2,25	1,47±0,12
C	0,20±0,03	8,07±0,50	11,67±2,06	9,86±0,17	8,67±0,86
D	0,20±0,03	52,59±9,95	56,66±12,00	78,01±8,11	87,67±9,98

Keterangan: A = Kontrol; B= 0,1 mg/L; C= 1 mg/L; D=10 mg/L

Tabel 2. Penurunan Konsentrasi Logam Cd (%) pada media pemeliharaan selama 4 Minggu Masa Pemeliharaan

Perlakuan	Penurunan Kandungan Cd (%) pada Media Pemeliharaan Setelah Minggu ke-			
	1	2	3	4
A	30.00	40.00	75.00	85.00
B	30.77	23.08	40.38	46.15
C	17.27	22.09	22.49	24.50
D	3.36	16.83	28.73	33.32

Keterangan: A = Kontrol; B= 0,1 mg/L; C= 1 mg/L; D=10 mg/L

Absorpsi logam Cd oleh *Gracilaria* sp. pada setiap perlakuan memiliki perbedaan secara signifikan ($p < 0,05$). Hasil uji korelasi dan regresi memperlihatkan adanya hubungan yang signifikan antara konsentrasi Cd pada media dengan absorpsi Cd oleh *Gracilaria* sp. ($p < 0,05$). Nilai korelasi yang diperoleh adalah 0,957, dimana menunjukkan adanya korelasi antar perlakuan yang sangat kuat antara konsentrasi Cd pada media dengan absorpsi Cd oleh *Gracilaria* sp. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi Cd pada media semakin tinggi pula absorpsi logam Cd oleh *Gracilaria* sp. Hasil uji regresi antara konsentrasi Cd pada media dengan absorpsi Cd oleh *Gracilaria* sp. memperlihatkan pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$). Nilai R^2 yang didapatkan adalah 0,931, yang menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi Cd terhadap absorpsi sebesar 93,1%, sementara sisanya 6,9 % dipengaruhi faktor lain.

Sejalan dengan lama waktu pemeliharaan *Gracilaria* sp., maka kandungan logam Cd dalam media juga mengalami penurunan konsentrasi pada setiap minggunya (Tabel 2). Penurunan berkisar antara 3,36% sampai 85% dari minggu pertama sampai minggu keempat.

Penurunan konsentrasi Cd pada media semakin tinggi dengan semakin rendahnya perlakuan konsentrasi Cd pada media pada awal penelitian. Semakin tinggi perlakuan konsentrasi Cd maka semakin rendah persentase penurunan konsentrasi Cd pada media. Penurunan konsentrasi Cd media tertinggi terjadi pada perlakuan Kontrol (dari 30%-85% dari minggu ke-1 sampai minggu ke-4). Sedangkan penurunan konsentrasi Cd media terendah terjadi pada perlakuan D (dari 3,36%-33,32% dari minggu ke-1 sampai minggu ke-4).

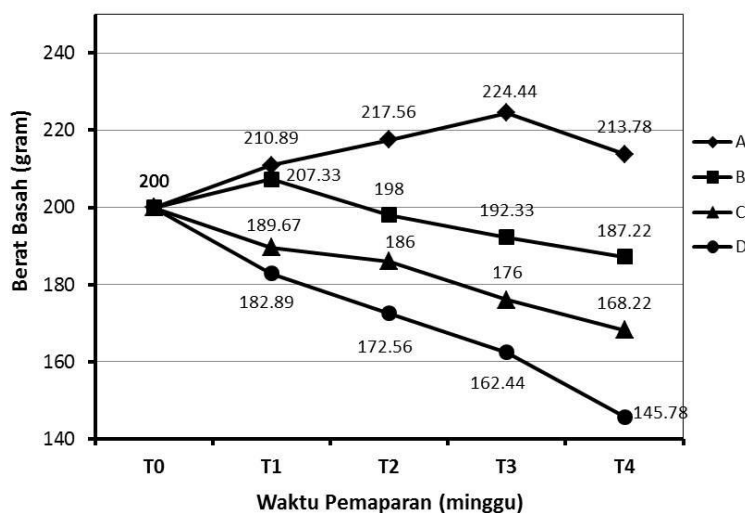
Hasil pengamatan pertumbuhan *Gracilaria* sp. (meliputi berat basah, pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik/SGR) yang dipaparkan pada media mengandung logam berat Cd dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 3, dan 4. Secara umum, berat biomassa *Gracilaria* sp. yang dipaparkan selama 4 minggu pada media pemeliharaan mengandung logam Cd yang berbeda menunjukkan penurunan (Gambar 1). Hanya pada perlakuan A (kontrol) terjadi penambahan berat biomassa sebesar 5,45 - 12,22% pada minggu ke-1 sampai minggu ke-3, sedangkan minggu ke-4 terjadi penurunan menjadi 6,89% dibanding berat awal (T_0). Perlakuan B (0,1 mg/L) terjadi penambahan berat biomassa pada minggu ke-1 sebesar

3,67%, tetapi pada minggu ke-2 sampai minggu ke-4 mengalami penurunan sebesar 1 – 6,39% dibanding berat awal (T_0). Perlakuan C (1 mg/L) dan D (10 mg/L) terjadi penurunan berat biomassa, masing-masing sebesar 5 – 15,89% dan 8,56 – 27,11% dibanding berat awal (T_0). Berat biomassa *Gracilaria* sp. mengalami penurunan akibat paparan pada media mengandung logam Cd. Berat biomassa *Gracilaria* sp. mengalami penurunan sejalan dengan tinggi rendahnya konsentrasi Cd di media pemeliharaan. Perlakuan perbedaan konsentrasi Cd memberikan pengaruh pertumbuhan berat *Gracilaria* sp. yang berbeda secara signifikan ($p < 0,05$).

Analisis korelasi yang diperoleh adalah -0,599, yang berarti terdapat korelasi antar perlakuan yang sangat kuat antara konsentrasi Cd dengan berat biomassa *Gracilaria* sp. Namun korelasi tersebut berbanding terbalik yang artinya semakin tinggi konsentrasi Cd, maka semakin rendah berat biomassa *Gracilaria* sp. Hasil uji regresi antara konsentrasi Cd dengan pertumbuhan mutlak memperlihatkan pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$). Nilai R^2 yang didapatkan adalah 0,654, yang memperlihatkan adanya pengaruh konsentrasi Cd terhadap pertumbuhan mutlak *Gracilaria* sp. sebesar 65,4%, sementara sisanya 34,6% dipengaruhi oleh faktor lain.

Laju pertumbuhan spesifik (SGR) *Gracilaria* sp. memperlihatkan peningkatan berat sebesar 0,24 g pada perlakuan A (kontrol). Sedangkan perlakuan B, C, dan D terjadi penurunan selama 4 minggu masa pemeliharaan. Pertumbuhan spesifik (SGR) setiap perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda, dimana terdapat perbedaan laju pertumbuhan antara perlakuan satu dengan yang lainnya secara signifikan ($p < 0,05$). Nilai uji korelasi yang didapatkan sebesar -0,481, yang menunjukkan terdapatnya korelasi yang sangat kuat antar perlakuan antara perlakuan konsentrasi Cd dengan laju pertumbuhan spesifiknya. Hasil uji regresi memperlihatkan pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$), dengan nilai R^2 yang didapatkan sebesar 0,707. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh perbedaan konsentrasi Cd terhadap laju pertumbuhan spesifik sebesar 70,70%, sementara sisanya 29,30% dipengaruhi faktor lain.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan logam berat Cd dapat mempengaruhi pertumbuhan rumput laut *Gracilaria* sp. Pertumbuhan *Gracilaria* sp. mengalami penurunan dengan oleh karena paparan pada media mengandung konsentrasi logam Cd yang berbeda. Semakin tinggi konsentrasi Cd yang diberikan pada media pemeliharaan mengakibatkan



Gambar 1 Berat Basah (g) *Gracilaria* sp. pada Media Pemeliharaan Terkontaminasi Logam Cd dengan Konsentrasi yang berbeda (A: Kontrol; B; 0,1 mg/L; C: 1 mg/L; D: 10 mg/L) selama 4 Minggu (T0: awal penelitian; T1: minggu ke-1; T2: minggu ke-2; T3: minggu ke-3; T4: minggu ke-4) Masa Pemeliharaan

Tabel 3. Pertumbuhan Mutlak *Gracilaria* sp. pada Media Mengandung Logam Cd dengan Konsentrasi yang berbeda selama 4 Minggu Masa Pemeliharaan (M ± SD)

Perlakuan	W ₀ (g)	W _t (g)	Pertumbuhan Mutlak (g)	Pertumbuhan Mutlak (%)
A	200,00 ± 0,00	213,78 ± 3,02	13,78 ± 3,02	6.89
B	200,00 ± 0,00	187,22 ± 0,96	-12,78 ± 0,96	-6.39
C	200,00 ± 0,00	168,22 ± 2,14	-31,78 ± 2,14	-15.89
D	200,00 ± 0,00	145,78 ± 0,84	-54,22 ± 0,84	-27.11

Keterangan: A = Kontrol; B= 0,1 mg/L; C= 1 mg/L; D=10 mg/L

Tabel 4. Laju Pertumbuhan Spesifik (specific growth rate/SGR) *Gracilaria* sp. pada Media Mengandung Logam Cd dengan Konsentrasi yang berbeda selama 4 Minggu Masa Pemeliharaan (M ± SD)

Perlakuan	Ln W ₀ (g)	Ln W _t (g)	SGR (g)
A	5,30 ± 0,00	5,36 ± 1,11	0,24 ± 1,11
B	5,30 ± 0,00	5,23 ± 0,04	-0,24 ± 0,04
C	5,30 ± 0,00	5,13 ± 0,76	-0,62 ± 0,76
D	5,30 ± 0,00	4,98 ± 0,18	-1,13 ± 0,18

Keterangan: A = Kontrol; B= 0,1 mg/L; C= 1 mg/L; D=10 mg/L

penurunan pertumbuhan *Gracilaria* sp. secara signifikan. Lama waktu *Gracilaria* sp. terpapar oleh logam Cd mengakibatkan penurunan berat basahnya secara signifikan ($p < 0,05$).

Gracilaria sp. mampu menyerap logam Cd secara besar sejalan dengan kandungan logam Cd yang terdapat pada media pemeliharaan. Secara kemampuan biosorpsi terhadap polutan logam berat Cd, *Gracilaria* sp. menunjukkan spesies yang baik untuk dipergunakan sebagai tanaman "phytoremediator". Akan tetapi pada konsentrasi logam Cd tinggi pada media, spesies *Gracilaria* sp. mengalami gangguan fisiologi dan morfologi yang menghambat pertumbuhannya hingga pada tingkat kematian. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Yulianto *et al.* (2006), bahwa *Gracilaria* sp. semakin banyak mengakumulasi logam berat Cu maka akan semakin tinggi tingkat kematiannya. Dibuktikan berkurangnya berat basah pada pertumbuhan selama 4 minggu pemeliharaan.

Hasil pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik pada setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4. Effendie (1979), menyatakan bahwa pertumbuhan mutlak merupakan penambahan berat

selama masa pemeliharaan, sedangkan laju pertumbuhan spesifik merupakan penambahan berat dalam persen per hari. Pengamatan pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik (SGR) pada perlakuan B (0,1 mg/L), C (1 mg/L) dan D (10 mg/L) memperlihatkan terjadinya penurunan pertumbuhan secara signifikan ($p < 0,05$) selama 4 minggu masa pemeliharaan.

Fenomena tersebut diakibatkan oleh kondisi kualitas air media pemeliharaan yang telah mengalami penurunan fungsi bagi budidaya rumput laut dikarenakan terkontaminasinya media air oleh logam berat Cd, sehingga tidak mendukung bagi pertumbuhan *Gracilaria* sp. secara optimal. Chino (1981) dan Ihsan *et al.* (2015) menyatakan bahwa beberapa gejala yang timbul oleh karena kelebihan logam berat akan mengakibatkan pengurangan dan penghambatan proses penyerapan nutrisi oleh tanaman, sehingga proses metabolisme kehidupannya menjadi terhambat. Morfologi *Gracilaria* sp. yang terpapar logam Cd selama 4 minggu masa pemeliharaan memperlihatkan terjadinya perubahan warna dari *thallus* (Gambar 2).

Perubahan morfologi *Gracilaria* sp. dapat diakibatkan dari ketidakmampuan

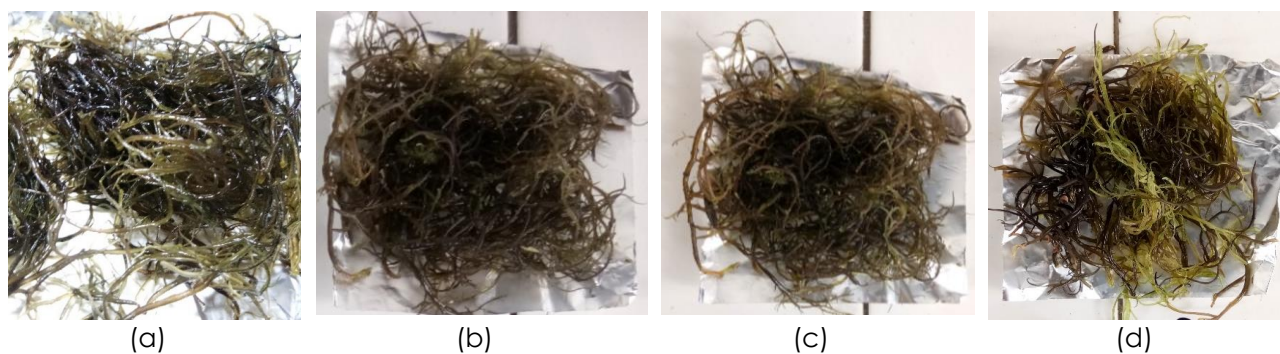
tanaman dalam mentolerir tingginya konsentrasi Cd pada media pemeliharaan, sehingga pertumbuhan dan morfologi terganggu karena terjadinya penurunan proses metabolisme dan fisiologi tanaman. Pemaparan *Gracilaria* sp. pada Cd memberikan dampak morfologi yang dapat dilihat dari warna dan tekstur tanaman. Semakin tinggi perlakuan konsentrasi Cd pada media pemeliharaan memberikan dampak yang semakin besar. Perubahan pigmen *thallus* yang semakin bertambah menguning sejalan dengan peningkatan perlakuan konsentrasi Cd pada media dari perlakuan B (0,1 mg/L), C (1 mg/L) dan D (10 mg/L). Pada kontrol warna *thallus* hijau pekat, kemudian menjadi coklat kehijauan pada konsentrasi perlakuan B (0,1 mg/L), dan warna *thallus* hijau kecoklatan pada perlakuan C (1 mg/L), berlanjut menjadi coklat kekuningan pada perlakuan D (10 mg/L). Selain perubahan warna, *thallus* juga mengalami perubahan pada kondisi teksturnya, dimana teksturnya menjadi lebih lembek dibandingkan kontrol.

Menurut Purnamawati *et al.*, (2015), ion logam berat yang masuk ke dalam tumbuhan mampu berikatan dengan protein dan polisakarida tumbuhan. Sebelum ion logam sampai ke membran sel dan sitoplasma sel, ion logam tersebut harus melalui dinding sel. Dinding sel sering disebut sebagai bagian terpenting dari mekanisme pertahanan sel karena dinding sel merupakan penghalang pertama terhadap akumulasi logam berat yang bersifat toksik. Heryanti *et al.* (2009) mengatakan bahwa ion logam yang masuk ke dalam organel sel akan berikatan dengan *fitochelatin* yang

akan di transpor ke vakuola untuk mengurangi efek toksisitas pada tumbuhan. Proses penyerapan dan akumulasi bahan toksik dalam sel akan dipecah dan diekskresikan, disimpan atau mengalami metabolisme oleh organisme tergantung konsentrasi dan potensial kimia.

Menurut Reeves (1992) menyatakan bahwa yang disebut tanaman hiperakumulator adalah suatu tanaman yang mampu menyerap logam berat dengan konsentrasi minimal 1000 g/g biomassa tanaman tersebut. Hampir semua spesies tanaman mengalami dampak penurunan berat biomasanya secara signifikan jika dalam jaringan tubuhnya terkonsentrasi logam Ni hingga 50-100 mg/kg berat kering. Akan tetapi tanaman hiperakumulator mampu mentolerir hingga 10-20 kali lebih besar dari pada tingkat maksimum yang dapat ditolerir oleh tanaman normal serta tetap mampu untuk melakukan produksi biomassa lebih tinggi. Untuk dapat disebut sebagai tanaman hiperakumulator logam Cd, maka tanaman tersebut harus mampu mentolerir minimal 100 mg/kg berat kering biomassa (Baker *et al.*, 1994).

Dengan mengacu pada batasan tersebut diatas, maka rumput laut *Gracilaria* sp. tidak menampakkan kemampuannya sebagai tanaman hiperakumulator logam berat Cd. Hal ini mengingat pada perlakuan konsentrasi media tertinggi (perlakuan D = 10 mg Cd/L), *Gracilaria* sp. mengakumulasi 87,87 mg/kg logam Cd dan mengalami gangguan morfologi berupa struktur *thallus* yang menjadi lembek dan warna *thallus*



Gambar 2. Hasil Morfologi *Gracilaria* sp. yang Terpapar Logam Cd selama 4 Minggu Masa Pemeliharaan, a = Kontrol; b = 0,1 mg/L; c = 1 mg/L; d =10 mg/L

yang berubah menjadi kekuningan. Lebih jauh, *Gracilaria* sp. juga mengalami penurunan produksi biomassa ketika dipaparkan pada media mengandung logam Cd selama 4 minggu pemeliharaan. Hal ini menjadikan spesies *Gracilaria* sp. bukan sebagai spesies hiperakumulator logam Cd sekaligus bukan menjadi spesies phytoremediator yang baik.

KESIMPULAN

Rumput laut *Gracilaria* sp. memiliki kemampuan biosorpsi terhadap logam berat Kadmium (Cd) pada media air laut. Kemampuan biosorpsi *Gracilaria* sp. terhadap logam berat Cd meningkat secara signifikan sejalan dengan peningkatan konsentrasi Cd pada media. Lamanya waktu paparan *Gracilaria* sp. terhadap Cd juga mengakibatkan peningkatan kandungan Cd pada *Gracilaria* sp. secara signifikan. Paparan *Gracilaria* sp pada logam Cd juga mengakibatkan penurunan biomasanya secara signifikan. Selain itu warna *thallus* juga mengalami perubahan dari hijau menjadi coklat dan kekuningan. Spesies *Gracilaria* sp. bukan sebagai spesies phytoremediator dan hiperakumulator logam Cd yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, A.J.M., Reeves, R.D., Hajar, A.S.M. 1994. Heavy metal accumulation and tolerance in British populations of the metallophyte *Thlaspi aerulescens*. J.&C. Presl (Brassicaceae). *New Phytol.* 127: 61-68.
- Chino, M. 1981. Uptake-transport of toxic metals in rice plants. In Heavy Metal Pollution of Soils of Japan. Eds. K. Kitagishi and I Yamane. Pp 81-94. Japan Scientific Societies Press, Tokyo
- Effendie, M.I. 1979. Metode Biologi Perikanan. Yayasan Dewi Sri Bogor, Bogor 112 hlm.
- Heryanti, S., Setiari, N., Hastuti, B., Hastuti, E.D & Nurchayati, Y. 2009. Respon Fisiologi dan Anatomi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) di berbagai Perairan Tercemar. *J. Penelitian Sains Teknol.* 10 (1):30-40.
- Ihsan, Y.N., Aprodita, A., Rustikawati, I. and Pribadi, T.D.K., 2015. Kemampuan *Gracilaria* sp. Sebagai Agen Bioremediasi dalam Menyerap Logam Berat Pb. *Jurnal Kelautan: Ind. J. Mar. Sci. Technol.* 8(1):10-18.
- Lestari, S., Hernayanti dan Insan, A. I. 2008. Biosorpsi Krom Hexavalen (CrVI) menggunakan rumput laut *Sargassum* sp. dalam skala laboratorium. *Biosfera*, 25(3): 129–134.
- Purnamawati, F.S., Soeprbowati, T.R., dan Izzati, M. 2015. Potensi *Chlorolla vulgaris* Beijerinck Dalam Remediasi Logam Berat Cd dan Pbb Skala Laboratorium. *Jurnal Bioma.* 16 (2):102-113.
- Raya, I., Ramlah. 2012. Bioakumulasi Ion Cd(II) IONS Pada Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. *J. Mar. Chim. Acta.*13(2):13–19.
- Reeves, R.D. 1992. The hyperaccumulation of nickel by serpentine plants in AJM Baker, J Proctor, RD Reeves (Eds.), *The Vegetation of Ultramafic (Serpentine) Soils*, Intercept Ltd., Hampshire, pp. 253-277
- Romera, E., Gonzalez, F., Ballester, A., Blazquez, M. L., and Munoz, J. A. 2007. Comparative Study of Biosorption of Heavy Metals Using Different Types of Algae. *Bioresource Technology*. Elsevier Ltd, Amsterdam, 98(2):3344-3353.
- Santoso, R.W. 2013. Dampak Pencemaran Lingkungan Laut Oleh Perusahaan Pertambangan Terhadap Nelayan Tradisional. *Lex Administratum.* 1(2):1-14.
- Sosrosuhardjo, D. 2010. Mengenal Logam Beracun. Gramedia: Jakarta.
- Wulandari, E. A. dan Sukesu, 2013. Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb, Cd dan Cu Dalam Nugget Ayam Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottoni*). *J. Sains dan Seni Pomits.*, 2(2):15-17.
- Yulianto, B., Ario, R. and Agung, T., 2006. Daya Serap Rumput Laut (*Gracilaria* sp) Terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) Sebagai Biofilter. *Ilmu Kelautan: Ind. J. Mar. Sci.* 11(2):72-78.
- Yulianto, B. 2012. Buku Ajar Ekotoksikologi: Uji Toksisitas Akut. Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. 22 p.