

Daya Serap Rumput Laut (*Gracilaria* sp) Terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) Sebagai Biofilter

Bambang Yulianto*, Raden Ario dan Agung Triono

Jurusan Ilmu Kelautan FPIK Universitas Diponegoro Semarang 50239

Telp/Faks: 024-7474698, Email: bb_yulianto@yahoo.com

Abstrak

Studi absorpsi metal toksik tembaga (copper) oleh *Gracilaria* sp. telah dilakukan. Tujuan dari studi ini adalah meneliti kemungkinan kemampuan vegetasi akuatik yang akan digunakan sebagai biofilter. Pada kegiatan budidaya air payau di Indonesia, logam tembaga sering digunakan sebagai desinfektan pemusnah predator pada saat tahapan persiapan kolam/tambak. Namun di lain pihak tembaga juga memiliki potensi toksisitas yang tinggi terhadap lingkungan. Studi ini dilakukan secara laboratoris, dengan melakukan paparan rumput laut *Gracilaria* sp. pada tiga perlakuan konsentrasi tembaga yang berbeda (K1: kontrol; K2: 0,5 ppm; dan K3: 1 ppm) selama empat perbedaan waktu paparan (M1: 1 minggu; M2: 2 minggu; M3: 3 minggu; dan M4: 4 minggu). Analisis kandungan tembaga pada *Gracilaria* sp. dilakukan pada setiap minggu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *Gracilaria* sp. mampu menyerap tembaga yang terlarut dalam air laut. Penyerapan tembaga meningkat secara sangat nyata sejalan dengan peningkatan perlakuan konsentrasi dan lama waktu dedah. Konsentrasi tembaga yang diserap pada K2 (0,5 ppm Cu) adalah, masing-masing, 12,745 ppm (setelah paparan 1 minggu), 27,604 ppm (setelah paparan 2 minggu), 29,890 ppm (setelah paparan 3 minggu), dan 30,215 ppm (setelah paparan 4 minggu). Sementara itu, konsentrasi tembaga setelah paparan *Gracilaria* sp. pada K3 (1 ppm Cu) masing-masing adalah 31,980 ppm (setelah paparan 1 minggu), 50,564 ppm (setelah paparan 2 minggu), 53,884 ppm (setelah paparan 3 minggu), dan 54,486 ppm (setelah paparan 4 minggu).

Kata kunci: *Gracilaria* sp., tembaga, logam toksik, absorpsi/penyerapan.

Abstract

Absorption of toxic metal (copper) by *Gracilaria* sp. had been studied. The aim of the study reported in this paper was to investigate the possibility of *Gracilaria* sp. as a biofilter. In brackish water pond culture in Indonesia, copper is usually used as the predator eradicator in pond preparation. But in other hand, copper has potentially high toxicity to the aquatic environment. The study was conducted in the laboratory, by exposing seaweed *Gracilaria* sp. to three different concentrations of copper (K1: control; K2: 0,5 ppm; and K3: 1 ppm), during four different exposure times (M1: 1 week; M2: 2 weeks; M3: 3 weeks; and M4: 4 weeks). Analyses of copper metal accumulated by *Gracilaria* sp. were done every week. The results of present works revealed that *Gracilaria* sp. is able to absorb copper metal dissolved in seawater. Absorption of copper increase significantly by increasing of copper concentration and exposure duration. The concentrations of copper absorbed in K2 (0,5 ppm Cu) are, respectively, 12,745 ppm (after 1 week exposure), 27,604 ppm (after 2 weeks exposure), 29,890 ppm (after 3 weeks exposure), and 30,215 ppm (after 4 weeks exposure). Meanwhile, the concentrations of copper after exposure *Gracilaria* sp. to K3 (1 ppm Cu) are 31,980 ppm (after 1 week exposure), 50,564 ppm (after 2 weeks exposure), 53,884 ppm (after 3 weeks exposure), and 54,486 ppm (after 4 weeks exposure), respectively.

Key words: *Gracilaria* sp., copper, toxic metal, absorption.

Pendahuluan

Permasalahan pencemaran terjadi lebih karena didukung oleh adanya pandangan masyarakat yang beranggapan bahwa laut merupakan tempat pembuangan limbah dari berbagai kegiatan manusia

baik yang berada di daratan maupun yang di lepas pantai. Perkembangan industri sebagai salah satu kegiatan pembangunan ekonomi secara tidak langsung menyebabkan menurunnya kualitas air pada lingkungan perairan, termasuk perairan yang digunakan untuk budidaya.

* Corresponding Author

Salah satu bahan pencemar yang dikhawatirkan keberadaannya karena memiliki tingkat toksisitas yang tinggi dalam lingkungan perairan adalah pencemar logam berat. Logam berat sesuai dengan fungsinya dibedakan menjadi logam esensial (*essential metal*) dan non esensial (*non-essential metal*). Logam esensial merupakan logam yang sangat dibutuhkan keberadaannya dan diperlukan oleh organisme air dalam jumlah kecil, untuk memacu aktivitas enzim selama proses metabolisme tubuh. Jenis logam esensial antara lain: Cu, Fe, Zn, Mn, Mo, Se, dan Sn. Namun demikian, semua logam esensial tersebut mempunyai kecenderungan untuk menjadi racun selama keberadaannya dalam tubuh organisme telah melampaui ambang batas toleransi yang diperlukan (Phillips, 1980). Salah satu logam esensial yang dibutuhkan organisme untuk metabolisme tubuh dan sekaligus memiliki daya toksisitas yang tinggi adalah logam Tembaga (Cu).

Logam Cu sering dipergunakan sebagai desinfektan dalam masa persiapan lahan budidaya dalam bentuk CuSO_4 . Senyawa CuSO_4 selanjutnya akan mengalami akumulasi pada media dasar. Karena adanya sinar matahari yang masuk ke dalam perairan akan berakibat pada naiknya suhu kolom air yang akan mengaktifkan kembali logam Cu yang bersifat toksik sehingga organisme budidaya mengalami gangguan pertumbuhan atau perkembangannya bahkan akan mengakibatkan kematian bila keberadaannya berlebihan (Irawan, 1994).

Mengingat sifat logam Cu yang sangat berbahaya pada keadaan yang berlebihan, maka diperlukan suatu cara untuk mengurangi jumlah logam tersebut dalam perairan budidaya dengan orientasi menekan biaya produksi yang sekecil mungkin. Salah satu cara dapat dengan menggunakan biofilter, yaitu sesuatu metode yang dilakukan dengan memanfaatkan organisme hidup yang bertujuan untuk mengurangi suatu pencemaran dalam lingkungan perairan budidaya yang mengandung bahan limbah beracun.

Metode penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan suatu jenis tanaman air laut agar tanaman tersebut dapat menyerap logam terlarut dalam air. Tanaman yang digunakan haruslah sesuai dengan kondisi suatu perairan, cepat berkembang dan pemeliharaannya relatif mudah. Salah satu jenis tanaman air laut yang dapat dipergunakan adalah rumput laut *Gracilaria* sp.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu pendedahan (*exposure time*) terhadap kandungan logam Cu pada *Gracilaria* sp dan pengaruh perbedaan konsentrasi logam Cu dalam

media terhadap kandungan logam Cu dalam *Gracilaria* sp.

Materi dan Metode

Penelitian ini dilakukan di Balai Besar Penelitian Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara dan di Pusat Analisis Kimia UGM Yogyakarta untuk analisis logam berat. Rumput laut jenis *Gracilaria* sp yang sehat sebagai materi penelitian diambil dari perairan Bondo, Jepara. Sesampainya di laboratorium rumput laut ditampung dalam bak dengan suhu air yang sama dengan suhu air dimana rumput laut tersebut diambil dan diaerasi dengan cukup.

Media air yang digunakan untuk percobaan adalah air laut yang diperoleh dari perairan Jepara dengan salinitas 20-35‰, suhu antara 20-28°C dan kisaran pH 6-9 (Sulistijo, 1985), sedangkan kedalaman optimum air 0,5 meter (Mubarak, 1990). Sebelum dipergunakan perlu untuk diketahui konsentrasi logam Cu yang terdapat didalam air media yaitu sebesar 0,014 ppm. Media penelitian dengan perlakuan perbedaan konsentrasi dalam air media dilakukan dengan menambahkan logam Cu ke dalam air media penelitian.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang diberikan yaitu faktor waktu pendedahan yang berbeda pada bak tanam rumput laut (M) dan faktor konsentrasi logam Cu dalam media percobaan yang berbeda-beda (K). Faktor perbedaan konsentrasi logam Cu (K) terdiri dari 3 tingkat, yaitu Kontrol (0,014 ppm, air laut alam di Jepara); 0,5 ppm; 1 ppm. Sedangkan faktor perbedaan waktu pendedahan (M) terdiri dari 4 tingkat, yaitu: 1 minggu; 2 minggu; 3 minggu; dan 4 minggu. Tiap-tiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan. Perlakuan perbedaan konsentrasi logam Cu didasarkan adanya asumsi bahwa keberadaan logam Cu pada konsentrasi 0,5 - 1 ppm dalam suatu perairan akan menyebabkan biota yang hidup pada perairan tersebut akan mengalami gangguan metabolisme yang pada akhirnya dapat menyebabkan kematian. Adapun perlakuan perbedaan lama waktu pendedahan didasarkan pada adanya perbedaan pertumbuhan rumput laut setelah mengalami perbedaan waktu pendedahan dalam logam Cu (Sulistijo, 1985; Mubarak, 1990).

Larutan pencemar media percobaan (logam Cu) yang dipergunakan adalah $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ yang dibentuk menjadi larutan stok (*stock solution*) dengan konsentrasi 1000 ppm. Untuk membuat larutan stok 1000 ppm dengan cara melarutkan 4,807 gram senyawa $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ kedalam 1 liter air aquadest.

Larutan stok dipergunakan sebagai larutan pencemar media percobaan, yaitu dengan cara memasukkannya sebanyak 99,986 ml kedalam media bak B agar konsentrasi tercipta 0,5 ppm, dan memasukkannya sebanyak 199,986 ml kedalam media bak C agar konsentrasi tercipta 1 ppm. Sedangkan bak A sebagai Kontrol menggunakan konsentrasi logam Cu dari air laut alami.

Bak percobaan yang dipergunakan adalah akuarium berukuran 80 cm x 60 cm x 50 cm, dan diisi air laut sebanyak 200 liter. Sedangkan rumput laut yang dipergunakan dalam penelitian ini seberat 500 gram basah yang disesuaikan dengan ukuran bak, agar rumput laut dapat hidup secara normal sesuai kebutuhan hidupnya. Rumput laut diukur konsentrasi logam Cu sebelum ditanam dalam media untuk mengetahui kandungan awal logam Cu dalam rumput laut. Selanjutnya rumput laut ditanam dalam media percobaan, masing-masing pada bak Kontrol/A (0,014 ppm Cu), bak B (0,5 ppm Cu), dan bak C (1 ppm Cu).

Pengamatan dilakukan dengan mengambil 50 gr sampel rumput laut dan dilakukan pengukuran kandungan logam Cu, masing-masing pada minggu ke-1, minggu ke-2, minggu ke-3, dan minggu ke-4. Analisis kandungan logam Cu dalam dilakukan dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) Hitachi tipe Z-8000.

Data hasil penelitian dilakukan Analisis Sidik Ragam untuk mengetahui adanya pengaruh dari perlakuan yang diberikan. Selanjutnya untuk mengetahui hubungan antar perlakuan dianalisis dengan Uji Regresi.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengamatan kandungan logam berat Cu pada rumput laut (*Gracilaria sp*) pada berbagai perbedaan waktu pendedahan adalah sebagai berikut (Tabel 1; Gambar 1).

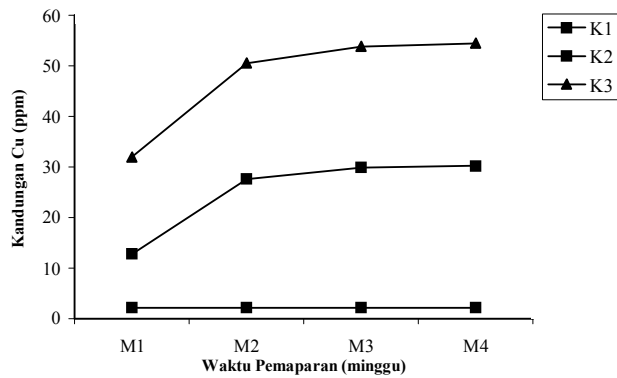
Untuk mengetahui pengaruh perlakuan konsentrasi, dan waktu dedah maka dilakukan Analisis Sidik Ragam, dimana hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan memberikan beda sangat nyata ($P < 0,01$).

Selanjutnya untuk mengetahui hubungan antara waktu dedah dan kandungan logam Cu dalam *Gracilaria sp.*, dilakukan Analisis Regresi Ragam Cu pada *Gracilaria sp.* (Tabel 2). Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan waktu dedah dan kandungan logam Cu dalam *Gracilaria sp* pada konsentrasi yang berbeda menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0,01$).

Hubungan regresi antara waktu dedah dan kandungan logam Cu dalam *Gracilaria sp* pada perlakuan konsentrasi yang berbeda menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan memberikan nilai positif yang berarti terjadi kenaikan kandungan logam Cu dalam rangkaian waktu pengamatan (Gambar 2).

Hasil studi menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi logam Cu dan waktu pemaparan memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap kandungan logam Cu dalam *Gracilaria sp*. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi perlakuan (K1: 0,014 ppm; K2: 0,5 ppm; dan K3: 1 ppm) memberikan hasil yang berbeda sangat nyata terhadap logam Cu yang dikandung oleh *Gracilaria sp* pada setiap waktu pengamatan. Pada ketiga perlakuan konsentrasi menunjukkan terjadinya penyerapan logam Cu tertinggi oleh *Gracilaria sp* terjadi pada perlakuan K3, diikuti K2 dan K1 pada masing-masing waktu pendedahan. Setelah *Gracilaria sp* dipaparkan selama 4 minggu, maka kandungan logam Cu pada *Gracilaria sp* meningkat tajam pada perlakuan K3 (54,486 ppm), diikuti K2 (30,215 ppm) dan K1 (2,155 ppm) (Tabel 1). Pemaparan *Gracilaria sp* pada kondisi alami (K1) tidak menyebabkan peningkatan secara nyata kandungan logam Cu pada jenis rumput laut ini, dimana setelah 1 minggu kandungan logam Cu sebesar 2,149 ppm, disusul 2,151 ppm (setelah 2 minggu), 2,153 ppm (setelah 3 minggu), dan 2,155 ppm (setelah 4 minggu) (Tabel 1). Kondisi ini dikarenakan oleh rendahnya kandungan logam Cu yang terlarut dalam air laut yang cenderung merupakan air laut alami dari perairan Jepara. Kandungan logam Cu yang rendah tersebut menjadikan kuantitas penyerapan logam Cu (*uptake*) oleh rumput laut menjadi berimbang dengan logam yang diekresikan oleh rumput, sehingga logam Cu yang terkandung dalam *Gracilaria sp* relatif stabil. Namun pada perlakuan diluar kontrol, secara umum hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan kandungan logam Cu dalam *Gracilaria sp* sejalan dengan peningkatan konsentrasi logam Cu yang terdapat dalam media.

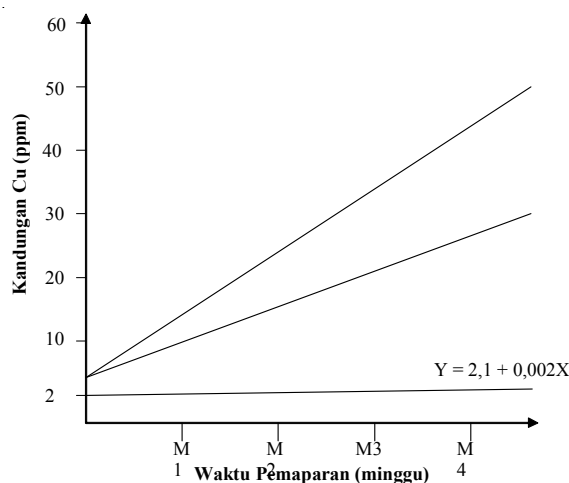
Demikian halnya dengan perlakuan waktu pemaparan, dimana masing-masing lama waktu dedah (M1: 1 minggu; M2: 2 minggu; M3: 3 minggu; dan M4: 4 minggu) memberikan hasil yang berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap kandungan logam Cu pada *Gracilaria sp*. Pada perlakuan K3, nilai kandungan logam Cu pada *Gracilaria sp* menjadi sangat tinggi pada saat waktu pendedahan berjalan selama 4 minggu (54,486 ppm), disusul 3 minggu (53,884 ppm), 2 minggu (50,564 ppm) dan 1 minggu (31,98 ppm) (Tabel 1).



Gambar 1. Grafik Rerata Kandungan Logam Tembaga (Cu) Pada *Gracilaria* sp menurut Perlakuan Perbedaan Waktu Pemaparan (M) dan Perbedaan Konsentrasi (K). M1 = minggu ke-1; M2 = minggu ke-2; M3 = minggu ke-3; M4 = minggu ke-4; K1 = 0,014 ppm Cu; K2 = 0,5 ppm Cu; K3 = 1 ppm Cu; .

Tabel 1. Kandungan Logam Cu pada *Gracilaria* sp pada Berbagai Perbedaan Perlakuan Konsentrasi (K) dan Waktu Pemaparan (M) .

Perlakuan (konsentrasi)	Waktu Dedah (minggu)	Ulangan			Rerata
		I	I	III	
K1 (kontrol)	M1 (1 minggu)	2,175	2,037	2,235	2,149
	M2 (2 minggu)	2,171	2,036	2,2446	2,151
	M3 (3 minggu)	2,174	2,043	2,242	2,153
	M4 (4 minggu)	2,176	2,045	2,244	2,155
K2 (0,5 ppm Cu)	M1 (1 minggu)	15,109	10,563	12,564	12,745
	M2 (2 minggu)	28,697	22,353	31,762	27,604
	M3 (3 minggu)	30,526	25,932	33,213	29,890
	M4 (4 minggu)	30,718	26,053	33,875	30,215
K3 (1 ppm Cu)	M1 (1 minggu)	27,139	32,435	36,367	31,980
	M2 (2 minggu)	35,676	54,783	61,235	50,564
	M3 (3 minggu)	39,543	57,874	64,235	53,884
	M4 (4 minggu)	40,396	58,127	64,937	54,486



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Waktu Pemaparan Terhadap Kandungan Logam Cu Dalam *Gracilaria* sp Pada Berbagai Konsentrasi. M1=Minggu ke-1; M2=Minggu ke-2; M3=Minggu ke-3; M4=Minggu ke-4; K1=0,014 ppm; K2=0,5 ppm; K3=1 ppm.

Tabel 2. Analisis Sidik Ragam Regresi Hubungan Waktu Pemaparan dengan Kandungan Logam Tembaga (Cu) Dalam *Gracilaria* sp.

	SK	dB	JK	KT	Fhit
Perlakuan	2		11,428	5,714	60,147**
Galat	6		0,57	0,095	
Total	8				

** = berbeda sangat nyata

Hubungan antara perlakuan waktu pemaparan dengan kandungan logam Cu dalam *Gracilaria* sp menunjukkan hubungan yang positif ($r = 0,8$ pada K2 dan $r = 0,85$ pada K3). Hal ini diindikasikan oleh analisis regresi yang menunjukkan hubungan $Y = 11,4 + 5,4X$ (pada perlakuan K2) dan $Y = 30 + 7X$ (pada perlakuan K3). Hasil ini memberikan makna bahwa semakin lama waktu pendedahan akan mengakibatkan peningkatan kandungan logam Cu pada *Gracilaria* sp. Namun, peningkatan tersebut relatif rendah pada perlakuan K1 ($Y = 2,1 + 0,002X$; $r = 0,00006$) (Tabel 2; Gambar 2). Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada perlakuan K2, kandungan logam Cu sebesar 12,745 ppm (pada minggu ke-1), meningkat lebih dari dua kali lipat menjadi 27,604 ppm (pada minggu ke-2), 29,890 ppm (pada minggu ke-3) dan 30,215 ppm (pada minggu ke-4). Demikian halnya yang terjadi pada perlakuan K3, dimana terjadi peningkatan kandungan logam Cu pada *Gracilaria* sp dari 31,980 ppm (pada minggu ke-1), menjadi 50,664 ppm (pada minggu ke-2), 53,884 ppm (pada minggu ke-3), dan 54,486 ppm (pada minggu ke-4).

Pengamatan kondisi fisiologis tanaman uji *Gracilaria* sp pada semua perlakuan menunjukkan, bahwa pada minggu ke-1 sampai minggu ke-2 tanaman masih dalam keadaan sehat yang ditunjukkan oleh kondisi *thallus* yang terasa kenyal dan elastis. Keadaan ini juga dapat berpengaruh langsung terhadap mekanisme/proses penyerapan logam berat (Dwidjoseputro, 1989). Mekanisme pemasukan logam Cu kedalam *thallus* adalah melalui dinding sel. Pada dinding sel ini logam Cu diikat oleh protein dan polisakarida sehingga logam Cu dalam bentuk yang toksik Cu^{2+} menjadi senyawa yang non-toksik (Lobban, 1994). Logam Cu dalam bentuk ion bebas (Cu^{2+}) berpotensi menjadi toksik apabila masuk menuju bagian sel yang lebih dalam. Hal ini karena logam Cu akan berasosiasi dengan gugus senyawa penyusun enzim sehingga akan mempengaruhi aktivitas enzim yang akhirnya menyebabkan gangguan fisiologis tanaman. Logam Cu dalam bentuk ion, dimana lebih dari setengahnya akan berasosiasi dan terakumulasi pada bagian dinding sel yang mempengaruhi penyerapan zat-zat hara lainnya, karena dinding sel akan berubah dari *semi-permeable*

menjadi *permeable* (Lobban, 1994). Pada pengamatan minggu ke-3 dan ke-4, peningkatan kandungan logam Cu pada *Gracilaria* sp tidak menunjukkan pertambahan yang tinggi. Bahkan pada perlakuan K1 kandungan Cu dalam *Gracilaria* sp cenderung tetap stabil seperti pada kandungan awal, begitu seterusnya pada minggu-minggu selanjutnya.

Sedangkan perlakuan K2 dan K3 memberikan dampak fisiologis terhadap tanaman uji *Gracilaria* sp menjadi menurun. Hal ini ditunjukkan oleh beberapa penampakan, seperti *thallus* yang menjadi non-elastis (mudah patah) dan ujung *thallus* berwarna kekuningan. Hal ini diduga terjadinya gangguan fisiologis tanaman akibat ketidakmampuan tanaman dalam mentoleransi tingginya konsentrasi media uji oleh logam Cu. Menurut Phillips (1980) bahwa masuknya unsur logam berat ke dalam tubuh tanaman, mengakibatkan terjadinya persenyawaan antara logam dengan protein dan polisakarida yang selanjutnya mampu menembus dinding sel dan masuk kedalam sitoplasma.

Pada tanaman *Gracilaria* sp, diduga juga terjadi pertukaran ion, dimana ion masuk kedalam bagian korteks yang didalamnya terdapat sel-sel dengan berbagai fungsinya. Namun tidak semua ion tersebut berasosiasi dengan sel-sel di bagian korteks, tetapi sebagian yang lain akan masuk ke bagian yang lebih dalam yaitu pada bagian medulla yang diduga pada bagian inilah terjadi asosiasi antara logam-logam berat dengan bagian-bagian sel penyusunnya, sehingga terjadi peningkatan kandungan logam berat Cu pada *Gracilaria* sp.

Beberapa gejala karena kelebihan logam toksik seperti logam Cu akan mengakibatkan pengurangan dan penghambatan proses penyerapan nutrisi oleh tanaman, sehingga kehidupannya menjadi terhambat (Chino, 1981). Gejala yang spesifik akibat kelebihan logam toksik Cu adalah timbulnya klorosis yang pertama tampak pada bagian ujung yang muda, seperti yang ditunjukkan oleh perlakuan K2 dan K3 yang dimulai pada minggu ke-3, dimana *thallus* menjadi berwarna kekuningan pada bagian ujung-ujungnya. Kondisi ini berbeda dengan pada perlakuan K1, dimana kondisi tanaman *Gracilaria* sp masih dalam keadaan tetap sehat/normal sampai pada akhir penelitian. Hal ini karena pada kondisi tersebut tanaman uji *Gracilaria* sp hidup dan berada pada lingkungan yang relatif tidak tercemar, yaitu kondisi yang relatif sama dengan habitat alamnya.

Pada perlakuan K1 ini, konsentrasi Cu merupakan konsentrasi yang terjadi di lingkungan perairan laut wilayah Bondo Jepara, perairan dimana tanaman *Gracilaria* sp diambil. Hal ini membuat *Gracilaria* sp dapat menjalankan proses metabolisme dan

perkembangan hidup secara normal, sehingga konsentrasi logam Cu pada tanaman relatif stabil.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat diketahui bahwa *Gracilaria* sp memiliki efektivitas yang relatif tinggi dalam menyerap logam toksik Cu yang terdapat dalam suatu perairan. Hal ini memungkinkan untuk dapat diaplikasikan pada kegiatan budidaya perairan laut atau payau. Kemampuan daya serap *Gracilaria* sp tergantung pada ketersediaan (*availability*) logam toksik di perairan. Semakin tinggi ketersediaan logam toksik dalam perairan akan memacu tingginya proses penyerapan oleh tanaman *Gracilaria* sp. Namun demikian, *Gracilaria* sp memiliki batas toleransi dalam menghadapi kondisi perairan yang tercemar oleh logam toksik. Penyerapan (*absorption*) logam toksik dalam kondisi konsentrasi yang tinggi dan berjalan terus menerus, akan menyebabkan penurunan kemampuan penyerapan sebagai akibat menurunnya kondisi fisiologis tanaman yang diakibatkan oleh terjadinya gangguan metabolisme tubuh dan juga kemungkinan terjadinya kerusakan anatomi tanaman. Kondisi perairan yang tercemar logam toksik berkonsentrasi tinggi dan terjadi secara terus menerus akan dapat berakibat pada kematian tanaman, kecuali apabila tanaman dapat bebas dari lingkungan tercemar (*polluted water*) dan menemukan lingkungan yang bebas dari polutan (*unpolluted water*).

Organisme perairan secara umum memiliki strategi dalam menghadapi kehadiran polutan logam berat. Laju penyerapan dan pengeluaran logam toksik oleh suatu organisme dari dalam tubuhnya akan mempengaruhi konsentrasi logam toksik dalam tubuh. Menurut Connell dan Miller (1995), laju perubahan konsentrasi logam toksik dalam tubuh organisme dapat terjadi dalam 3 proses, yaitu: 1) penyerapan, dimana laju penyerapan lebih besar dari laju pengeluaran/ekskresi; 2) keseimbangan, dimana laju penyerapan sama dengan laju pengeluaran/ekskresi; 3) depurasi, dimana laju penyerapan lebih kecil dari laju pengeluaran/ekskresi. Untuk proses penyerapan dan keseimbangan, kontak antara organisme dan logam toksik yang terdapat di lingkungan masih terjadi. Sedangkan pada proses depurasi kontak antara organisme dan logam toksik di lingkungan berhenti.

Menurut hasil penelitian yang dilakukan, maka konsentrasi logam Cu sampai dengan 1 ppm (1 ppm) pada media uji air laut (31-33‰) dengan lama pemaparan (*exposure duration*) *Gracilaria* sp selama 4 minggu, ternyata membuat tanaman uji masih mampu bertahan hidup untuk melakukan absorpsi terhadap logam Cu, meskipun pada minggu terakhir

kemampuan tersebut cenderung untuk menurun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada konsentrasi 0,01 - 1 ppm logam Cu, tanaman *Gracilaria* sp masih dapat berfungsi sebagai penyerap logam Cu pada suatu lingkungan air laut yang tercemar.

Potensi yang dimiliki oleh *Gracilaria* sp ini dapatlah kiranya menjadikan tanaman ini sebagai salah satu alternatif dalam mengatasi kualitas perairan laut atau payau secara biologi (biofilter) dalam kegiatan budidaya perikanan. Hal ini sangat memungkinkan, mengingat kemampuan *Gracilaria* sp tersebut dalam menyerap logam Cu dalam air laut adalah mencapai 1 ppm. Dalam kenyataan, kondisi perairan laut yang ada, konsentrasi logam Cu sampai dengan 1 ppm hampir tidak pernah ditemukan, sehingga dengan demikian tanaman *Gracilaria* sp ini akan sangat baik dan cocok diaplikasikan sebagai biofilter, terutama kegunaannya dalam aktivitas budidaya laut/payau.

Kesimpulan

1. Rumput laut jenis *Gracilaria* sp memiliki kemampuan meng-absorpsi logam tembaga (Cu) secara efektif. Kemampuan penyerapannya mencapai 1 ppm.
2. Kemampuan penyerapan sampai konsentrasi 1 ppm menjadikan spesies ini cocok dan bagus dipergunakan sebagai salah satu jenis tanaman untuk biofilter dalam kegiatan budidaya perikanan laut/payau.
3. Penyerapan yang dilakukan pada media dengan konsentrasi di atas 1 ppm Cu dikawatirkan akan menimbulkan dampak toksisitas yang tinggi terhadap *Gracilaria* sp. sendiri, sehingga kemampuannya sebagai biofilter akan menjadi menurun karena kerusakan sistem fisiologi dan anatomi vegetasi akuatik ini.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada reviewer yang telah membantu dalam melakukan koreksi dan revisi terhadap tulisan ini.

Daftar Pustaka

- Chino, M. 1981. Heavy metals pollution in soil. *Japan Scientific Societies Press*, Tokyo.
- Connell, D.W., dan Miller, G.J. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Penerbit Universitas Indonesia Press. Jakarta. 520 hal (Diterjemahkan oleh Koestoeer, Y.R.H.).

- Dwidjoseputro, D. 1989. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. PT. Gramedia, Jakarta. Hal: 66-105.
- Irawan. 1994. Beberapa istilah dan peubah penting dalam pengelolaan mutu air tambak. BBAP, Jepara. Hal: 5-16.
- Lobban, CS., Harrison, P.J. 1994. Sea Weed ecology and physiology. Cambridge University Press. P 259-266.
- Mubarak. 1990. Petunjuk teknis budidaya rumput laut. Departemen Pertanian, Jakarta. 51 hal.
- Phillips, D.J.H. 1980. Quantitative aquatic biological indicator and their use monitoring trace metal and organo chlorine pollution. Applied Science Publisher, Ltd. 66 p
- Sulistijo. 1985. Percobaan berkebun rumput laut *Gracilaria* sp dalam tambak di Bali. Makalah Konggres Nasional Biologi Indonesia VII di Palembang dalam Perairan Indonesia: Biologi, Budidaya, Kualitas Perairan dan Oseanografi. IQN-LIPI. Jakarta.
- Wong, C.K. 1993. Effects of chromium, copper, nickel, and zinc on survival and feeding of the Cladoceran *Moina macrocopa*. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 49: 593-599.