

Pertumbuhan Rumput Laut *Gracilaria* sp. pada Media yang Mengandung Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi yang Berbeda

Endang Supriyantini, Gunawan Widi Santosa, Ladies Nikita Alamanda*

*Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, 50275
Email: ladiesnikita@gmail.com*

Abstrak

Budidaya rumput laut banyak dilakukan untuk memenuhi dan meningkatkan produksinya, namun masih banyak kendala, sehingga hasil produksinya belum stabil. Hal ini dapat dilihat dengan pemberian nutrisi yang diharapkan akan meningkatkan pertumbuhannya. Tujuan dari penelitian untuk mengetahui pertumbuhan dan kemampuan absorpsi *Gracilaria* sp. pada media yang mengandung Cu dengan konsentrasi yang berbeda. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan penambahan konsentrasi Cu pada media pemeliharaan yang terdiri dari 4 tingkat yaitu kontrol (0,036 ppm, sesuai dengan konsentrasi Cu pada air laut), 0.5 ppm, 5 ppm, dan 50 ppm dengan 3 pengulangan. Hasil memperlihatkan bahwa penambahan Cu dengan konsentrasi yang berbeda memiliki pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap pertumbuhan dan kemampuan absorpsi pada *Gracilaria* sp. Pertumbuhan *Gracilaria* sp. tertinggi dicapai pada perlakuan A (kontrol) dengan penambahan berat sebesar 25,34 g dan laju pertumbuhan spesifik (SGR) sebesar 0,43%. Nilai pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik (SGR) yang didapatkan pada perlakuan B (0,5 ppm) sebesar -80,37 g dan -1,84% per hari, perlakuan C (5 ppm) sebesar -85,19 g dan -2,02% per hari, dan perlakuan D (50 ppm) sebesar -99,19 g dan -2,47% per hari. Semakin tinggi konsentrasi Cu yang diberikan maka pertumbuhan *Gracilaria* sp. akan semakin rendah.

Kata kunci: *Gracilaria* sp., Pertumbuhan, Tembaga (Cu).

Abstract

***Seaweed Gracilaria* sp. Growth in Copper (Cu) Media With Different Concentration**

Seaweed cultivation is done to meet and improve its production, but there are still many obstacles, so its results are not yet stable. This can be seen with the awarding of the nutrients that will hopefully increase its growth. The goal of the research is to know the growth and absorption ability of Gracilaria SP. in medium containing different concentrations of Cu with. The method used is the method of experimental design of randomized Complete laboratories (RAL). Addition of Cu concentration on treatment of media maintenance which consists of 4 levels, namely control (0.036 ppm, according to the concentration of Cu in sea water), 0.5 ppm, 5 ppm and 50 ppm, with three repetitions. The results showed that the addition of Cu with a different concentration of real influence ($p < 0.05$) towards growth and the ability of absorption on Gracilaria sp. Highest growth of Gracilaria sp. was achieved on A treatment (control) and the increase of the weight of 25.34 g and specific growth rate (SGR) of 0.43%. The absolute growth rate and specific growth rate (SGR) obtained at the treatment B (0.5 ppm) of -80.37g and -1.84% per day, treatment C (5 ppm) of -85.19g and -2.02% per day, and treatment D (50 ppm) for -99.19g and -2.47% per day. The higher the concentration of Cu given, then the growth of Gracilaria sp. will be even lower.

Keywords: *Gracilaria* sp., Growth, Copper (Cu).

PENDAHULUAN

Rumput laut atau *seaweed* merupakan salah satu tumbuhan laut yang tergolong dalam makroalga benthik atau *benthic algae* yang hidupnya melekat di dasar perairan. Tanaman ini tidak bisa dibedakan antara bagian akar, batang,

dan daun, sehingga bagian tumbuhan tersebut disebut *thallus*, oleh karena itu tergolong tumbuhan tingkat rendah (Anggadiredja *et al.*, 2008).

Berdasarkan kandungan pigmennya, rumput laut dikelompokkan menjadi 3 kelas yaitu rumput

*Corresponding author
buloma.undip@gmail.com

<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/buloma>

Diterima/Received : 01-12-2017
Disetujui/Accepted : 23-01-2018

laut merah (Rhodophyceae), rumput laut coklat (Phaeophyceae), dan rumput laut hijau (Chlorophyceae). Ketiga golongan tersebut mempunyai nilai ekonomi yang cukup tinggi karena dapat menghasilkan metabolit primer senyawa hidrokoloid seperti agar, karagenan, dan alginat (Anggadiredja *et al.*, 2008).

Salah satu contoh spesies yang bernilai ekonomis di Indonesia adalah *Gracilaria* sp. dari kelas Rhodophyceae. Rumput laut ini banyak digunakan sebagaibahan baku pembuatan agar-agar. Agar berfungsi sebagai bahan pengental (*thickener*), stabilisator (*stabilizer*), dan pengemulsi (*emulsifying agent*). Dalam industri farmasi, agar-agar berguna sebagai pencahar atau peluntur dan kultur bakteri. Industri kosmetika, agar-agar digunakan dalam pembuatan salep, *cream*, sabun dan pembersih muka atau *lotion*. Industri lain menggunakan agar-agar sebagai bahan *additive* atau tambahan, misalnya dalam beberapa proses pada industri kertas, tekstil, fotografi, semir sepatu, tapal gigi, odol, pengalengan ikan atau daging dan juga untuk kepentingan mikrotomi, museum dan kriminologi (Ma'ruf *et al.*, 2014).

Permintaan dunia akan agar-agar terus meningkat setiap tahunnya. Permintaan yang cenderung meningkat menyebabkan kebutuhan juga semakin besar, sehingga ketersediaan *Gracilaria* sp. di alam menjadi sangat terbatas. Kebutuhan *Gracilaria* sp. untuk industri agar-agar di dalam negeri dan ekspor mencapai 27.000 ton per tahun. Sementara, produksi rumput laut untuk jenis tersebut hanya mencapai 16.000 ton/ tahun sehingga kekurangan (Anggadiredja *et al.*, 2006).

Peningkatan produksi *Gracilaria* sp. dapat ditempuh melalui usaha budidaya. Budidaya rumput laut merupakan salah satu cara yang dapat memenuhi permintaan industri dan juga menekan pengambilan di alam secara berlebihan (Budiyani *et al.*, 2012). Untuk mencapai produksi yang maksimal, *Gracilaria* sp. perlu dipacu dengan pemberian nutrisi yang diharapkan akan meningkatkan pertumbuhannya.

Berdasarkan tingkat kebutuhannya, nutrisi yang diperlukan oleh rumput laut dibagi menjadi dua jenis yaitu makronutrien dan mikronutrien. Makronutrien adalah nutrisi yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang banyak seperti N, P, dan K sedangkan mikronutrien adalah nutrisi yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang sedikit tetapi apabila jumlahnya berlebihan akan menimbulkan efek toksik seperti Fe, Mn, B, Mo, Cu, Zn dan Cl (Sitompul, 2015).

Salah satu nutrisi yang diperlukan oleh rumput laut untuk pertumbuhannya adalah tembaga (Cu). Cu merupakan mikronutrien yang esensial bagi tanaman karena walaupun diperlukan dalam jumlah relatif sedikit tetapi sangat besar peranannya. Cu berfungsi sebagai penyusun enzim, pembentukan klorofil, serta metabolisme karbohidrat dan protein dalam proses pertumbuhan rumput laut (Hardjowigeno, 2003). Keberadaan Cu yang berlebih akan menimbulkan efek toksik pada tanaman. Toksisitas yang dimiliki Cu akan bekerja apabila masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah yang besar atau melebihi nilai toleransi organisme tersebut (Yulianto *et al.*, 2006). Oleh karena itu, dengan penambahan Cu pada konsentrasi yang berbeda diharapkan dapat mengetahui konsentrasi yang tepat dalam penambahan nutrisi Cu sehingga *Gracilaria* sp. dapat tumbuh secara optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan dan kemampuan absorpsi *Gracilaria* sp. pada media yang mengandung Cu dengan konsentrasi yang berbeda.

MATERI DAN METODE

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit *Gracilaria* sp. berumur 30 hari yang berasal dari budidaya rumput laut di Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara. Menurut Akmal *et al.* (2008), rumput laut yang digunakan sebagai bibit dapat dipanen pada umur 25 hingga 30 hari dikarenakan pada umur tersebut pertumbuhan rumput laut secara vegetatif dapat tumbuh secara maksimal, sehingga sangat cocok digunakan sebagai bibit. *Gracilaria* sp. diaklimatisasi selama 7 hari agar dapat beradaptasi dengan lingkungan yang baru. Masing-masing akuarium membutuhkan *Gracilaria* sp. sebanyak ± 400 g, kemudian rumput laut tersebut dibagi menjadi dua ikatan yaitu 200 g untuk pengukuran pertumbuhan dan 200 g untuk sampel yang akan dianalisis absorpsinya terhadap konsentrasi Cu. Sebelum rumput laut digunakan, dilakukan pengukuran konsentrasi Cu yang terdapat di dalam *Gracilaria* sp. yaitu sebesar 0,67 ppm.

Wadah uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuarium berbahan kaca bening berukuran 50 cm x 30 cm x 35 cm dengan ketebalan 0,5 cm sebanyak 12 buah. Masing-masing akuarium dilengkapi dengan aerasi yang ditempatkan pada bagian tengah akuarium agar terjadi difusi udara, sehingga oksigen dapat masuk dalam air (Prihartono *et al.*, 2010). Media pemeliharaan yang digunakan dalam penelitian ini

adalah air laut hasil filtrasi dari BBPBAP Jepara. Satu akuarium diisi air laut sebanyak 30 L dengan salinitas 25 ppt. Sebelum media pemeliharaan digunakan, dilakukan pengukuran konsentrasi Cu yang terdapat di dalam media pemeliharaan yaitu sebesar 0,04 ppm. Media pemeliharaan ditambah dengan unsur Cu yang berasal dari tembaga (II) sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Pengenceran dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Keterangan :

V_1 = Volume larutan stok (L)

N_1 = Konsentrasi larutan stok (ppm)

V_2 = Volume larutan uji perlakuan (L)

N_2 = Konsentrasi perlakuan (ppm)

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental laboratoris dengan rancangan percobaan adalah rancangan acak lengkap (RAL). Pada penelitian ini diterapkan 3 perlakuan dan 1 kontrol pada tanaman uji, dimana masing-masing perlakuan dan kontrol diulang 3 kali. Penambahan konsentrasi Cu yang akan diterapkan, yaitu : A= Kontrol, B= konsentrasi Cu 0,5 ppm, C= konsentrasi Cu 5 ppm, D= konsentrasi Cu 50 ppm. Sumber cahaya menggunakan lampu TL 40 watt yang setara dengan 3500 - 4000 lux (Alamsjah *et al.*, 2008). Pengaturan waktu pencahayaan disesuaikan dengan kondisi di alam yaitu : 12 jam terang dan 12 jam gelap.

Pengukuran parameter penelitian, berupa: pengukuran pertumbuhan rumput laut (berat) dilakukan setiap minggu sekali selama 28 hari masa penelitian, pengukuran kualitas air media pemeliharaan (suhu, salinitas, pH) selama 28 hari masa penelitian, pengamatan visual pada *Gracilaria* sp. setiap minggu sekali selama 28 hari masa penelitian, dan pengukuran konsentrasi Cu pada *Gracilaria* sp. dan media pemeliharaan dilakukan setiap minggu sekali selama 28 hari masa penelitian. Analisis konsentrasi Cu dilakukan dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Pengukuran pertumbuhan *Gracilaria* sp. dilakukan dengan menggunakan rumus pertumbuhan mutlak dan SGR (Effendie, 1979). *Specific Growth Rate* (SGR) dapat dihitung menggunakan rumus menurut Effendie (1979).

Data hasil pengamatan pertumbuhan *Gracilaria* sp. dianalisis dengan menggunakan analisis varian untuk mengetahui besarnya pengaruh penambahan Cu dengan konsentrasi yang berbeda terhadap pertumbuhan *Gracilaria* sp.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji ANOVA, uji korelasi dan regresi linier sederhana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pertumbuhan *Gracilaria* sp. pada setiap perlakuan memiliki hasil yang berbeda selama 28 hari masa pemeliharaan (Tabel 1). Perlakuan A (kontrol) terdapat penambahan berat basah *Gracilaria* sp. Hal ini memperlihatkan bahwa *Gracilaria* sp. pada perlakuan tersebut mengalami pertumbuhan.

Pada perlakuan B (0,5 ppm), terjadi penambahan berat basah pada hari ke-7, tetapi memasuki hari ke-14 sampai hari ke-28 terjadi penurunan. Perlakuan C (5 ppm) dan D (50 ppm) terjadi penurunan. Hal ini pada perlakuan tersebut tidak mengalami pertumbuhan.

Secara umum, dapat dikatakan bahwa tingkat konsentrasi dan lamanya Logam Cu yang terpapar dalam *Gracilaria* sp. akan mempengaruhi berat basah. Semakin tinggi konsentrasi Cu yang diberikan dan semakin lama terpapar Cu, maka berat basah *Gracilaria* sp. akan semakin menurun.

Menurut Hardjowigeno (2003), Cu merupakan mikronutrien yang esensial bagi tanaman karena walaupun diperlukan dalam jumlah relatif sedikit tetapi sangat besar peranannya. Hal ini dapat dibuktikan pada perlakuan A (kontrol) dengan konsentrasi Cu 0,04 ppm, pada perlakuan tersebut *Gracilaria* sp. mengalami pertumbuhan selama 28 hari masa pemeliharaan. Pada perlakuan B (0,5 ppm) juga memperlihatkan bahwa Cu sebagai mikronutrien esensial selama 7 hari, tetapi memasuki hari ke-14 sampai hari ke-28 terjadi penurunan berat basah pada *Gracilaria* sp. yang menandakan Cu sudah bersifat toksik. Menurut Munawar (2011), Cu terlibat dalam reaksi redoks ($\text{Cu}^{2+} + e^- \leftrightarrow \text{Cu}^+$) atau transport elektron dalam fotosintesis dan respirasi, yang menghasilkan adenosin trifosfat (ATP), yang merupakan sumber energi utama untuk sintesis protein, lemak, membran sel, dan serapan hara secara aktif.

Perlakuan C (5 ppm) dan D (50 ppm) terjadi penurunan berat basah *Gracilaria* sp. selama 28 hari masa pemeliharaan di duga karena berlebihnya Cu yang masuk ke dalam tubuh *Gracilaria* sp.. Menurut Yulianto *et al.* (2006) berlebihnya Cu pada tubuh suatu organisme akan mengganggu pertumbuhan atau perkembangannya bahkan akan mengakibatkan kematian.

Hasil pertumbuhan *Gracilaria* sp. juga diperkuat dengan hasil pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik (SGR) pada tiap

perlakuan (Tabel 2 dan 3). Hasil pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik (SGR) tertinggi dicapai pada perlakuan A (kontrol) sebesar 25,34 g dan 0,42% per hari. Sedangkan, pada perlakuan B (0,5 ppm), C (5 ppm), dan D (50 ppm) hasil memperlihatkan bahwa tidak terjadinya pertumbuhan *Gracilaria* sp. selama 28 hari masa pemeliharaan. Hal ini ditandai dengan adanya tanda negatif (-) pada hasil pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik (SGR) *Gracilaria* sp., Hasil pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik (SGR) yang didapatkan pada perlakuan B (0,5 ppm) sebesar -80,37 g dan -1,84% per hari, perlakuan C (5 ppm) sebesar -85,19 g dan -2,02% per hari, dan perlakuan D (50 ppm) sebesar -99,19 g dan -2,47% per hari.

Proses penyerapan nutrisi pada rumput laut dilakukan secara difusi melalui seluruh bagian tubuhnya. Membran sel yang merupakan bagian

terluar sel setelah dinding sel bertindak sebagai pelindung isi sel yang ada dalam tubuh akan mengatur nutrisi yang keluar dan masuk ke dalam sel. Sifat permeabel dari membran sel akan menyeleksi setiap zat yang dapat masuk ke dalam sel. Banyaknya nutrisi yang berdifusi ke dalam sel tergantung pada konsentrasi nutrisi di dalam dan di luar sel.

Pernyataan ini ditegaskan oleh Lobban dan Harrison (1994) bahwa nutrisi di luar sel yang konsentrasinya lebih tinggi dibandingkan di dalam sel mengakibatkan nutrisi di luar sel akan berdifusi bebas ke dalam sel sesuai kebutuhannya. Nutrisi tersebut akan meningkatkan aktivitas metabolisme sel dengan cara masuk ke dalam sel sedikit demi sedikit kemudian akan mengembangkan vakuola yang ada di dalam sel. Vakuola berperan sangat penting dalam kehidupan karena mekanisme pertahanan hidup

Tabel 1. Berat Basah (g) *Gracilaria* sp. pada Media yang Mengandung Konsentrasi Cu yang Berbeda selama 28 Hari Masa Pemeliharaan ($\bar{x} \pm SD$, n = 3)

Perlakuan	Berat Basah (g) pada Hari ke-				
	0	7	14	21	28
A	200 ± 0,00	207,35 ± 2,68	216,17 ± 3,35	221,00 ± 2,93	225,34 ± 1,33
B	200 ± 0,00	215,38 ± 2,15	192,75 ± 2,40	156,14 ± 3,94	119,63 ± 2,23
C	200 ± 0,00	150,75 ± 4,33	147,92 ± 5,42	133,28 ± 6,75	114,81 ± 19,25
D	200 ± 0,00	141,41 ± 12,78	139,90 ± 11,97	123,32 ± 2,19	100,81 ± 15,24

Keterangan: A = Kontrol; B = Konsentrasi Cu 0,5 ppm; C = Konsentrasi Cu 5 ppm; D = Konsentrasi Cu 50 ppm

Tabel 2. Pertumbuhan Mutlak (g) *Gracilaria* sp. pada Media yang Mengandung Cu dengan Konsentrasi yang Berbeda selama 28 Hari Masa Pemeliharaan ($\bar{X} \pm SD$, n = 3)

Perlakuan	Wo	Wt	G
A	200 ± 0,00	225,34 ± 1,33	25,34 ± 1,33
B	200 ± 0,00	119,63 ± 2,23	-80,37 ± 2,23
C	200 ± 0,00	114,81 ± 19,25	-85,19 ± 19,25
D	200 ± 0,00	100,81 ± 15,24	-99,19 ± 15,24

Keterangan: A = Kontrol; B = Konsentrasi Cu 0,5 ppm; C = Konsentrasi Cu 5 ppm; D = Konsentrasi Cu 50 ppm

Tabel 3. Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR) *Gracilaria* sp. pada Media yang Mengandung Cu dengan Konsentrasi yang Berbeda selama 28 Hari Masa Pemeliharaan ($\bar{X} \pm SD$, n = 3)

Perlakuan	Ln Wo	Ln Wt	SGR (% per hari)
A	5,30 ± 0,00	5,42 ± 0,01	0,43 ± 0,02
B	5,30 ± 0,00	4,78 ± 0,02	-1,84 ± 0,07
C	5,30 ± 0,00	4,73 ± 0,18	-2,02 ± 0,63
D	5,30 ± 0,00	4,61 ± 0,15	-2,47 ± 0,53

Keterangan: A = Kontrol; B = Konsentrasi Cu 0,5 ppm; C = Konsentrasi Cu 5 ppm; D = Konsentrasi Cu 50 ppm

tumbuhan bergantung pada kemampuan vakuola menjaga konsentrasi zat-zat terlarut di dalamnya. Volume vakuola semakin bertambah dengan masuknya nutrisi ke dalam sel yang mengakibatkan berat dari tanaman uji semakin meningkat.

Terjadinya penurunan berat basah *Gracilaria* sp. pada perlakuan B (0,5 ppm), C (5 ppm), dan D (50 ppm) diduga karena *Gracilaria* sp. banyak menyerap Cu yang ada di media pemeliharaan (Tabel 4), sehingga mengganggu proses metabolisme dan menghambat pertumbuhan rumput laut tersebut. Karena Cu merupakan mikronutrien yang esensial bagi tubuh, tetapi apabila jumlahnya melebihi batas toleransi suatu organisme maka akan bersifat toksik.

Konsentrasi Cu pada kisaran yang sedikit tidak akan mengganggu pertumbuhan rumput laut, dengan adanya akumulasi Cu secara terus menerus dapat menghambat laju pertumbuhan rumput laut. Hal ini karena adanya kerusakan jaringan pada rumput laut akibat tingginya toksisitas Cu (Komarawidjaja, 2001).

Secara keseluruhan hasil analisis absorpsi *Gracilaria* sp. terhadap Cu memperlihatkan bahwa semakin besar konsentrasi Cu yang diberikan maka semakin besar absorpsi yang dilakukan oleh *Gracilaria* sp. Pernyataan ini didukung dengan analisis uji korelasi dan regresi dimana pada uji korelasi menunjukkan nilai signifikansi ($p < 0,05$) di mana adanya hubungan yang signifikan antara pemberian konsentrasi terhadap absorpsi *Gracilaria* sp. terhadap Cu.

Prinsip absorpsi Cu oleh rumput laut adalah semakin besar konsentrasi Cu dalam media pemeliharaan akan menyebabkan semakin besar pula Cu yang diserap. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan konsentrasi Cu antara dua jenis media, yaitu media dalam jaringan makroalga dan media tanam sebagai tempat pertumbuhannya. Perbedaan konsentrasi ini akan menyebabkan terjadinya perpindahan atau transfer massa Cu secara difusi dan osmosis, yaitu massa zat pada media dengan konsentrasi yang tinggi akan berpindah ke media dengan konsentrasi yang rendah (Santika & Ma'ruf, 2014).

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa *Gracilaria* sp. mampu mengakumulasi Cu melalui permukaan sel *thallus* dan menyebarkannya ke seluruh organ tubuhnya. Akumulasi Cu oleh *Gracilaria* sp. berlangsung melalui permukaan sel dan akan disebarkan ke seluruh organ tubuhnya sampai bagian medula (Davies, 1973 dalam Connell dan Miller, 1995). Hal ini dibuktikan dengan penurunan konsentrasi Cu di media

pemeliharaan (Tabel 5), namun pada *thallus Gracilaria* sp. terjadi peningkatan konsentrasi Cu.

Absorpsi *Gracilaria* sp. terhadap Cu mengakibatkan *Gracilaria* sp. memiliki gangguan secara morfologi maupun fisiologi pada *thallus*nya, seperti berkurangnya berat *thallus*, perubahan warna menjadi hijau dan mengalami pemutihan serta tekstur *thallus* yang tidak elastis dan mudah rapuh.

Pengamatan visual pada *Gracilaria* sp. memperlihatkan bahwa pada perlakuan A (kontrol) tidak terjadi perubahan warna dan tekstur *thallus* yang signifikan selama 28 hari masa pemeliharaan. *Gracilaria* sp. pada perlakuan A (kontrol) masih memiliki warna dan tekstur *thallus* yang cenderung sama seperti awal pemeliharaan. Hal ini diduga *Gracilaria* sp. mampu mentoleransi keberadaan Cu selama 28 hari masa pemeliharaan, karena konsentrasi Cu pada perlakuan A (kontrol) merupakan konsentrasi yang ada pada air laut hasil filtrasi. Hal ini membuat *Gracilaria* sp. dapat menjalankan proses metabolisme dan perkembangan secara normal.

Pada perlakuan B (0,5 ppm) terjadi perubahan warna pada ujung *thallus* dan tekstur *thallus* pada hari ke-21. Warna pada ujung *thallus* berubah dari berwarna coklat menjadi hijau, kemudian tekstur *thallus* menjadi non elastis dan mudah rapuh. Sedangkan pada perlakuan C (5 ppm) dan D (50 ppm) terjadi perubahan warna *thallus* pada hari ke-7. Warna *thallus* yang awalnya berwarna coklat berubah menjadi warna hijau. Pada perlakuan C (5 ppm) perubahan warna pada ujung *thallus* terjadi pada hari ke-21, warna pada ujung *thallus* berubah dari berwarna hijau menjadi putih. Sedangkan pada perlakuan D (50 ppm) perubahan warna pada ujung *thallus* terjadi pada hari ke-14. Perubahan tekstur *thallus* (Gambar 1) pada perlakuan C (5 ppm) dan D (50 ppm) terjadi pada hari ke-21, tekstur *thallus* menjadi non elastis dan mudah rapuh. Pada akhir pemeliharaan, tekstur *thallus* pada perlakuan C (5 ppm) dan D (50 ppm) menjadi non elastis, mudah rapuh, dan berlendir.

Menurut Yulianto *et al.* (2006), bahwa ketidakmampuan tanaman dalam mentoleransi konsentrasi logam berat akan mengganggu sifat tanaman seperti *thallus* yang menjadi non-elastis dan ujung *thallus* berwarna kekuningan. Hal tersebut dikarenakan adanya proses gangguan metabolisme pada *Gracilaria* sp. akibat akumulasi Cu dan lamanya waktu paparan yang dipengaruhi oleh mekanisme penyerapan Cu yang ada pada media pemeliharaan. Ketidakmampuan dalam mentoleransi adanya akumulasi Cu

Tabel 4. Absorpsi Cu (ppm) pada *Gracilaria* sp. selama 28 Hari Masa Pemeliharaan ($\bar{x} \pm SD$, n= 3)

Perlakuan	Absorpsi Cu (ppm) pada Hari ke-				
	0	7	14	21	28
A	0,67 ± 0,00	1,99 ± 0,87	1,31 ± 0,07	2,58 ± 0,91	1,80 ± 0,22
B	0,67 ± 0,00	17,45 ± 2,07	17,89 ± 2,08	19,25 ± 3,35	21,21 ± 4,73
C	0,67 ± 0,00	192,31 ± 29,01	119,91 ± 5,42	94,88 ± 2,39	79,17 ± 14,23
D	0,67 ± 0,00	312,90 ± 38,22	274,04 ± 38,25	273,19 ± 71,14	354,72 ± 34,79

Keterangan: A = Kontrol; B = Konsentrasi Cu 0,5 ppm; C = Konsentrasi Cu 5 ppm; D = Konsentrasi Cu 50 ppm

Tabel 5. Konsentrasi Cu (ppm) pada Media Pemeliharaan selama 28 Hari Masa Pemeliharaan ($\bar{X} \pm SD$, n= 3)

Perlakuan	Konsentrasi Cu (ppm) pada Hari ke-				
	0	7	14	21	28
A	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,03	0,05 ± 0,03	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,00
B	0,54 ± 0,00	0,06 ± 0,01	0,11 ± 0,03	0,08 ± 0,01	0,09 ± 0,01
C	5,04 ± 0,00	0,31 ± 0,01	0,37 ± 0,04	0,41 ± 0,05	0,45 ± 0,01
D	50,04 ± 0,00	0,31 ± 0,02	1,06 ± 0,74	0,93 ± 0,50	0,51 ± 0,10

Keterangan: A = Kontrol; B = Konsentrasi Cu 0,5 ppm; C = Konsentrasi Cu 5 ppm; D = Konsentrasi Cu 50 ppm

**Gambar 1.** Kondisi *Gracilaria* sp. yang Mengalami Perubahan Tekstur dan Warna pada Ujung *Thallus*

menyebabkan gangguan fisiologis yang mengakibatkan kerusakan organ sel tumbuhan (Dwidjoseputro, 1989),

Mekanisme pemasukan Cu kedalam *thallus* adalah melalui dinding sel. Pada dinding sel ini Cu diikat oleh protein dan polisakarida sehingga Cu dalam bentuk yang toksik Cu^{2+} menjadi senyawa yang non-toksik. Cu dalam bentuk ion bebas (Cu^{2+}) berpotensi menjadi toksik apabila masuk menuju bagian sel yang lebih dalam. Hal ini karena Cu akan berasosiasi dengan gugus senyawa penyusun enzim sehingga akan mempengaruhi aktivitas enzim yang akhirnya menyebabkan gangguan fisiologis tanaman. 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 dan Harrison, 1994).

Kualitas media pemeliharaan yang diukur selama penelitian menunjukkan rerata kisaran salinitas 23-27ppt, menurut Anggadiredja *et al.* (2006) salinitas optimum berkisar antara 15-30 ppt. Kisaran tersebut termasuk dalam kisaran optimal, sehingga kisaran salinitas pada media yang terukur diduga masih dapat mendukung pertumbuhan *Gracilaria* sp. Derajat keasaman (pH) media pemeliharaan berkisar antara 6-9, menurut Anggadiredja *et al.* (2006) pH optimum berkisar antara 6-9, sehingga kisaran tersebut termasuk dalam kisaran yang optimal. Kisaran suhu pada media pemeliharaan berkisar antara 24-27,5°C, menurut Anggadiredja *et al.* (2006) suhu optimum berkisar antara 20-28°C, sehingga kisaran suhu yang terukur masih termasuk dalam

kisaran yang optimal walaupun setiap hari mengalami perubahan.

KESIMPULAN

Nilai konsentrasi Cu yang diberikan pada *Gracilaria* sp. memberikan efek yang berbeda terhadap pertumbuhannya. Pada perlakuan A (kontrol) dengan konsentrasi 0,04 ppm, *Gracilaria* sp. mengalami pertumbuhan selama 28 hari masa pemeliharaan. Sedangkan pada perlakuan B dengan konsentrasi 0,5 ppm, *Gracilaria* sp. hanya mengalami pertumbuhan selama 7 hari. Sementara pada perlakuan C dan D dengan konsentrasi 5 ppm dan 50 ppm tidak terjadi pertumbuhan *Gracilaria* sp. selama 28 hari masa pemeliharaan. Pertumbuhan *Gracilaria* sp. pada media yang mengandung konsentrasi Cu yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan rumput laut tersebut ($p < 0,05$). Semakin tinggi konsentrasi Cu yang diberikan maka pertumbuhan *Gracilaria* sp. akan semakin rendah. Kemampuan absorpsi *Gracilaria* sp. pada media yang mengandung konsentrasi Cu yang berbeda memperlihatkan semakin tinggi konsentrasi Cu yang diberikan maka kemampuan absorpsi Cu pada *Gracilaria* sp. akan semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, Ilham, Suaib, M., Irwan & Arifin, M. 2008. Produksi Spora dalam Upaya Penyediaan Bibit Rumput Laut *Gracilaria verrucosa*. Indonesian Aquaculture, Yogyakarta.
- Alamsjah, M.A., Hirao, S., Ishibashi, F., Oda, T., & Fujita, Y. 2008. Algicidal activity of polyunsaturated fatty acids derived from *Ulva fasciata* and *U. pertusa* (Ulvaceae, Chlorophyta) on phytoplankton. *Journal of Applied Phycology*, 20(5):713-720.
- Anggadiredja, J.T., Zalnika, A., Purwoto, H., & S. Istini. 2006. Rumput Laut. Penebar Swadaya, Jakarta, 148 hlm.
- _____. 2008. Rumput Laut; Pembudidayaan, Pengolahan, dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial. Penebar Swadaya, Jakarta. 147 hlm.
- Budiyani, F.B., Suwartimah, K., & Sunaryo, S. 2012. Pengaruh Penambahan Nitrogen dengan Konsentrasi yang Berbeda terhadap Laju Pertumbuhan Rumput Laut *Caulerpa racemosa* var. *uvifera*. *Journal of Marine Research*, 1(1):10-18.
- Connel, D.W., & Miller, G.J. 1995. Kimia dan ekotoksikologi pencemaran. *Penerjemah: Koestoer, Y. Judul asli: Chemistry and Ecotoxicology Of Pollution. Tahun.*
- Effendie, M.I. 1979. Metode Biologi Perikanan. Yayasan Dewi Sri Bogor, Bogor, 112 hlm.
- Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo, Jakarta.
- Komarawidjaja, W. 2011. Rumput Laut *Gracilaria* sp. Sebagai fitoremediasi bahan organik perairan tambak budidaya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 6(2):410-415.
- Lobban, C.S., & Harrison, P.J. 1994. Seaweed Ecology and Physiology. Cambridge University Press, USA, 366 p.
- Santika, L.G., & Ma'ruf, W.F. 2014. Karakteristik Agar Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* Budidaya Tambak Dengan Perlakuan Konsentrasi Alkali Pada Umur Panen Yang Berbeda. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(4):98-105.
- Prihartono, E., Juansyah, R. & Usnie, A. 2010. Mengatasi Permasalahan Budidaya Lele Dumbo. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sitompul, S.M. 2015. Nutrisi Tanaman: Pengenalan Nutrisi Tanaman. UB Press: Malang.
- Yulianto, B., Ario, R., & Agung, T. 2006. Daya Serap Rumput Laut (*Gracilaria* sp.) Terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) Sebagai Biofilter. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 11(2):72-78.