

## KEMAMPUAN *Gracilaria* sp. SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI DALAM MENYERAP LOGAM BERAT Pb

Yudi N. Ihsan<sup>1</sup>, Aurora Aprodita<sup>1</sup>, Ike Rustikawati<sup>1</sup>, Tri Dewi K. Pribadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran

<sup>2</sup>Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran  
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21 Jatinangor UBR 40600 Jawa Barat

### ABSTRAK

Efek negatif dari kegiatan industri telah menyebar tidak hanya di darat tapi juga di ekosistem perairan, termasuk laut. Polusi dari kegiatan industri ke air laut terutama heavymetal, menjadi masalah di seluruh dunia. Penelitian tentang makroalga *Gracilaria* sp. menyerap Timbal telah dilakukan dalam percobaan 6-hari untuk menyelidiki kemampuan potensial sebagai agen bioremediasi. Penurunan konsentrasi Timbal ditemukan dalam air laut selama percobaan 144 jam diukur dalam suhu kamar. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor, amonium dan Timbal (Pb). Memimpin digunakan dalam tiga tingkat (0,0, 0,5, dan 1 ppm) dan amonium digunakan dalam satu tingkat (0,5 ppm). Setiap pengobatan menggunakan tiga ulangan. Hasil akhir menunjukkan bahwa konsentrasi Timbal dalam *Gracilaria* sp. selama pengobatan A (0.00 ppm dari amonium) naik ke 0,03 ppm, perlakuan B (0,05 ppm dari amonium) naik 0,55 ppm, perlakuan C (0,50 ppm dari amonium) naik ke 1,77 ppm dan perlakuan D (1 ppm dari amonium) naik ke 2.94 ppm. Konsentrasi Timbal ditemukan dalam air laut menurun secara berkala. Pada periode 96 jam eksperimental, konsentrasi Timbal di semua perawatan mencapai 0.00 ppm.

**Kata kunci:** Ammonium, Bioremediasi, *Gracillaria*, Timbal (Pb)

### THE ABILITY OF *Gracilaria* sp. AS BIOREMEDIATION AGENT IN ABSORBING HEAVY METAL Pb

#### ABSTRACT

The negative effect of industrial activities has been spread out not only in terrestrial but also in aquatic ecosystems, including ocean. The pollution from industrial activities to the seawater especially heavymetal, become problem all over the world. Research on macroalgae *Gracilaria* sp. to absorb Lead has been conducted in 6-day experiment to investigate the potential ability as bioremediation agent. The decline of Lead concentration found in the seawater during 144 hours experiment measured in room temperature. This experiments used Completely Randomized Design (CRD) with two factors, ammonium and Lead (Pb). Lead used in three level (0.0, 0.5, and 1 ppm) and ammonium used in one level (0.5 ppm). Each treatment used three replicates. Final results showed that Lead concentration in *Gracilaria* sp. during treatment A (0.00 ppm of ammonium) rises to 0.03 ppm, treatment B (0.05 ppm of ammonium) rises to 0.55 ppm, treatment C (0.50 ppm of ammonium) rise to 1.77 ppm and treatment D (1 ppm of ammonium) rise to 2.94 ppm. The concentration of Lead found in seawater declined periodically. In 96 hours experimental period, the concentration of Lead in all treatments reached 0.00 ppm.

**Keywords:** Ammonium, Bioremediation, *Gracillaria*, Lead (Pb)

#### PENDAHULUAN

Di era modern ini, perindustrian telah mengalami kemajuan yang sangat pesat. Kemajuan yang sangat pesat tersebut selain memberikan efek menguntungkan juga memberikan efek yang buruk bagi manusia salah satunya adalah adanya pencemaran. Pencemaran yang terjadi di laut secara langsung maupun tidak langsung dapat disebabkan oleh pembuangan limbah ke dalam laut, dimana salah satu bahan pencemar utama yang terkandung dalam buangan limbah adalah logam berat yang beracun (Hala *et al.*, 2005). Pencemaran logam berat dapat ditangani dengan

melakukan teknik bioremediasi. Jenis-jenis tanaman yang dapat melakukan remediasi disebut dengan tanaman hiperakumulator (Oves *et al.*, 2012) salah satunya rumput laut *Gracilaria sp.* Menurut Anggarini (2007) dalam Suherni (2010) karena tingginya kegiatan industri kontaminasi logam berat di wilayah pesisir Jakarta dan Dumai Riau berasal dari limbah industri. Menurut MacFarlane (2001), polutan logam yang paling banyak dilepaskan oleh industri adalah Cu, Pb, dan Zn. Pb adalah logam yang mendapat perhatian utama dalam segi kesehatan, karena dampaknya pada sejumlah besar orang akibat keracunan makanan atau udara yang terkontaminasi Pb memiliki sifat toksik berbahaya (Yusuf *et al.*, 2005 dalam Ika *et al.*, 2012). Pb dapat diakumulasi langsung dari air dan dari sedimen oleh organisme laut. Secara alamiah timbal dapat masuk ke dalam badan perairan melalui pengkristalan timbal di udara dengan bantuan air hujan (Khasanah, 2009). Konsentrasi timbal yang ditemukan dalam air laut sekitar 1,8 ppm dan dalam sedimen sekitar 64,2 ppm, nilai ini lebih tinggi dari nilai ambang batas (Anggarini, 2007 dalam Suherni, 2010).

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) batas aman timbal (Pb) untuk air laut yaitu 0,008 mg/liter. Bioremediasi dengan menggunakan *Gracilaria sp.* merupakan cara untuk meminimalisir kandungan timbal pada air laut.

## MATERI DAN METODE

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian adalah *Gracilaria sp.*, larutan  $PbCl_2$ , Larutan  $NH_4OH$  dan air laut. Bahan yang digunakan untuk mengukur konsentrasi logam berat Pb pada air laut dan *Gracilaria sp.* adalah aquades,  $HNO_3$  pekat dan  $H_2O_2$  30%. Bahan yang digunakan untuk mengukur konsentrasi  $NO_3$  adalah aquades, Na-salisilat,  $H_2SO_4$  dan K-Na Tartrat. Alat yang digunakan untuk menyimpan sampel *Gracilaria sp.* adalah toples berkapasitas 3,5 L, sedangkan alat yang digunakan untuk mengambil sampel air adalah pipet tetes dan bulb pipet.

Alat yang digunakan untuk mengukur kualitas air adalah pH meter, DO meter, refraktometer dan termometer. Alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi logam berat Pb pada air laut dan *Gracilaria sp.* adalah timbangan analitik, labu takar, kertas saring, corong saring, oven, mortar, penangas air dan AAS. Alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi  $NO_3^-$  adalah timbangan analitik, labu takar, kertas saring, corong saring, oven, penangas air dan spektrofotometer.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 4 perlakuan dan 3 ulangan (Tabel 1).

Tabel 1. Perlakuan yang dilakukan dalam penelitian dengan Rancangan Acak Lengkap.

Perlakuan	Konsentrasi Pb (ppm)	Konsentrasi $NH_4$ (ppm)	<i>Gracillaria sp.</i> (g)
A (Kontrol)	0.00	0.00	10.5
B	0.05	0.50	10.5
C	0.50	0.50	10.5
D	1.00	0.50	10.5

## HASIL DAN PEMBAHASAN

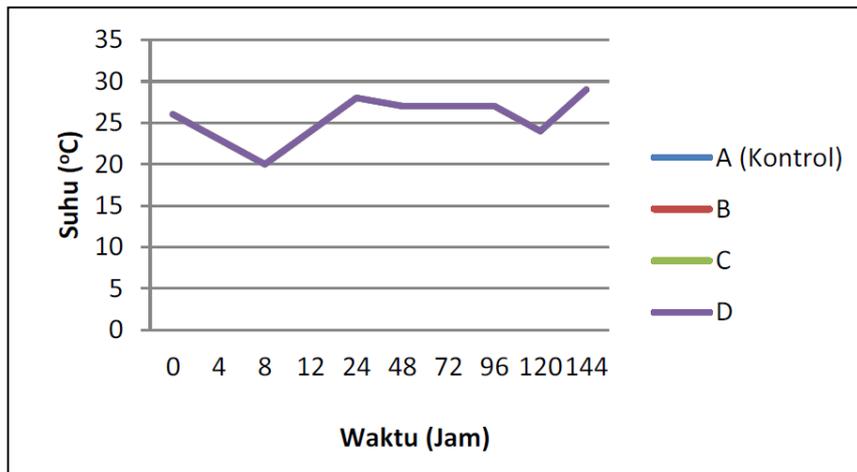
### Parameter Fisik Dan Kimia Perairan

#### Suhu

Suhu air selama penelitian kemampuan *Gracilaria sp.* dalam menyerap logam berat yang dilakukan selama 144 Jam (6 hari) secara insitu menunjukkan bahwa kualitas air masih dalam kisaran kriteria yang layak dengan nilai yang tidak jauh berbeda untuk semua perlakuan berkisar antara 20 – 29°C (Gambar 1).

Suhu yang tertinggi selama penelitian pada saat T9 (144 Jam) pada pukul 17.00 WIB dengan suhu 29°C hal ini karena kondisi alam yang panas sedangkan suhu terendah pada saat T2 (8 Jam) dengan suhu 20°C karena pengambilan sampel dilaksanakan pada pukul 01.00 WIB. Kisaran suhu 20– 29°C masih dalam batas optimal untuk pertumbuhan *Gracilaria sp.*, hal ini

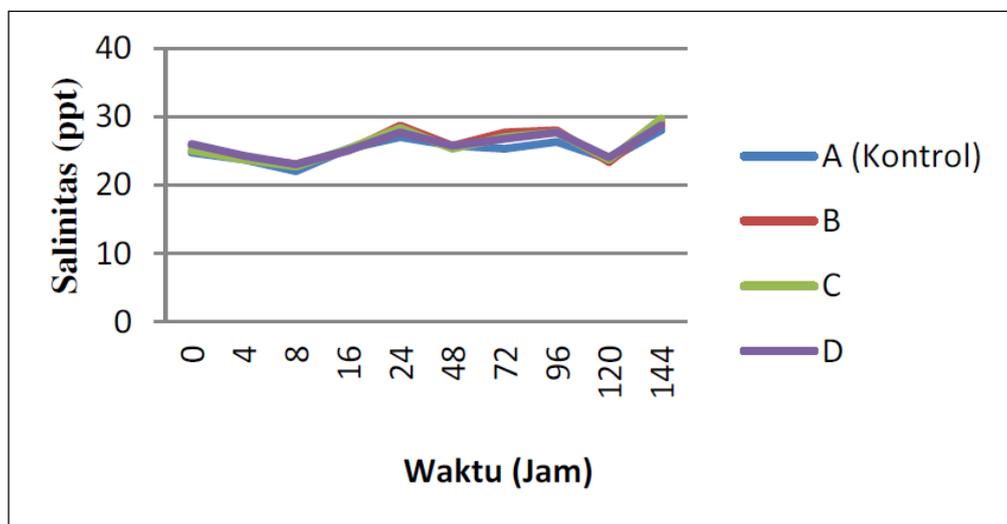
sesuai dengan pendapat Anggadiredja *et al.* (2006) yang menyebutkan bahwa kisaran suhu air yang optimal bagi pertumbuhan rumput laut *Gracilaria* sp. berkisar 20-30°C.



Gambar 1. Suhu Pada Media Air

### Salinitas

Salinitas selama penelitian berlangsung berkisar antara 22–29.7 ppt (Gambar 2). Setiap harinya salinitas mengalami kenaikan dan penurunan hal ini terjadi karena salinitas dipengaruhi oleh suhu yang juga naik turun selama penelitian.



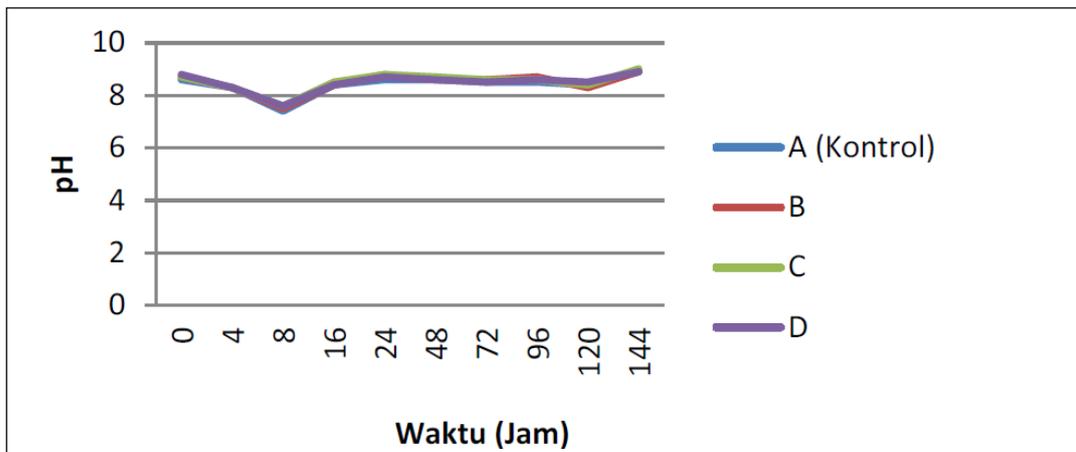
Gambar 2. Konsentrasi salinitas Pada Media Air

*Gracilaria* sp. adalah rumput laut yang mampu bertahan pada kisaran salinitas yang sempit (*stenohaline*) dan tidak tahan terhadap fluktuasi salinitas yang tinggi. Selama penelitian berlangsung salinitas berada pada kisaran 22–29,7 ppt dan merupakan nilai salinitas normal pada pertumbuhan rumput laut, karena salinitas yang baik untuk pertumbuhan rumput laut antara 15-30 ppt di mana kadar garam optimal adalah 20-25 ppt (Amalia, 2013).

### Derajat Keasaman (pH)

Selama penelitian berlangsung pH pada media air laut untuk pertumbuhan *Gracilaria* sp. masih dalam kisaran yang layak berkisar antara 7.4–9.0 (Gambar 3). Kisaran terendah pada saat T2

(pukul 01.00 WIB) dan yang tertinggi adalah 9.0 pada saat T9 (pukul 17.00 WIB).

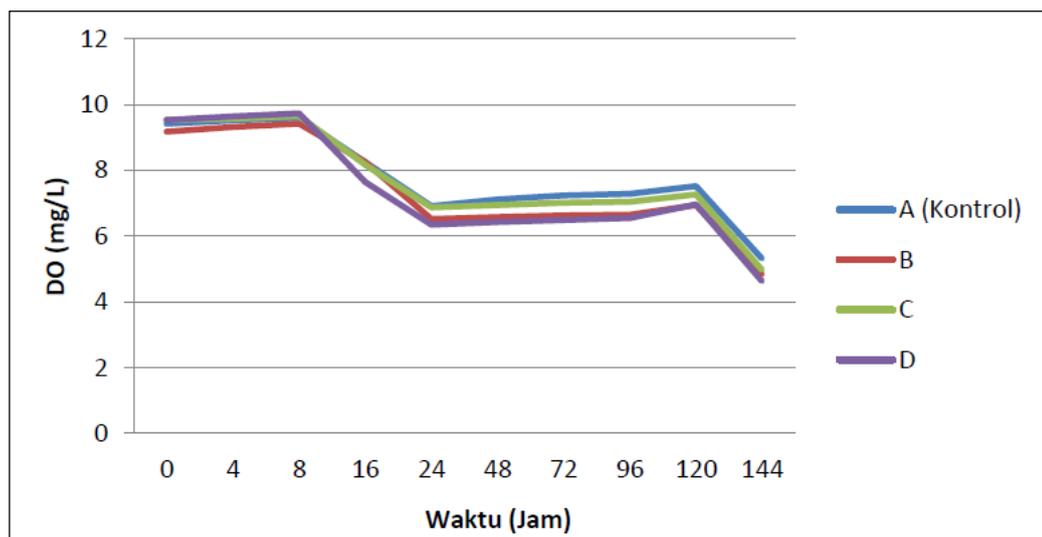


Gambar 3. Nilai pH Pada Media Air

pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi produktifitas perairan dan nilai pH pada suatu perairan mempunyai pengaruh yang besar terhadap organisme perairan, sehingga seringkali dijadikan petunjuk untuk menyatakan baik buruknya suatu perairan, indikator dari adanya keseimbangan unsur-unsur kimia yang dapat mempengaruhi ketersediaan unsur-unsur kimia dan unsur-unsur hara yang sangat bermanfaat bagi kehidupan vegetasi akuatik. Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh fluktuasi kandungan O<sub>2</sub> maupun CO<sub>2</sub>. Menurut Aslan (1998), hampir seluruh alga mempunyai kisaran daya penyesuaian terhadap pH antara 6.8–9.0.

#### DO (Dissolve Oxygen)

Kandungan oksigen terlarut (DO) di media air laut untuk pertumbuhan *Gracilaria* sp. berkisar antara 4.63 – 9.73 mg/L (Gambar 4).



Gambar 4. Konsentrasi DO Pada Media Air

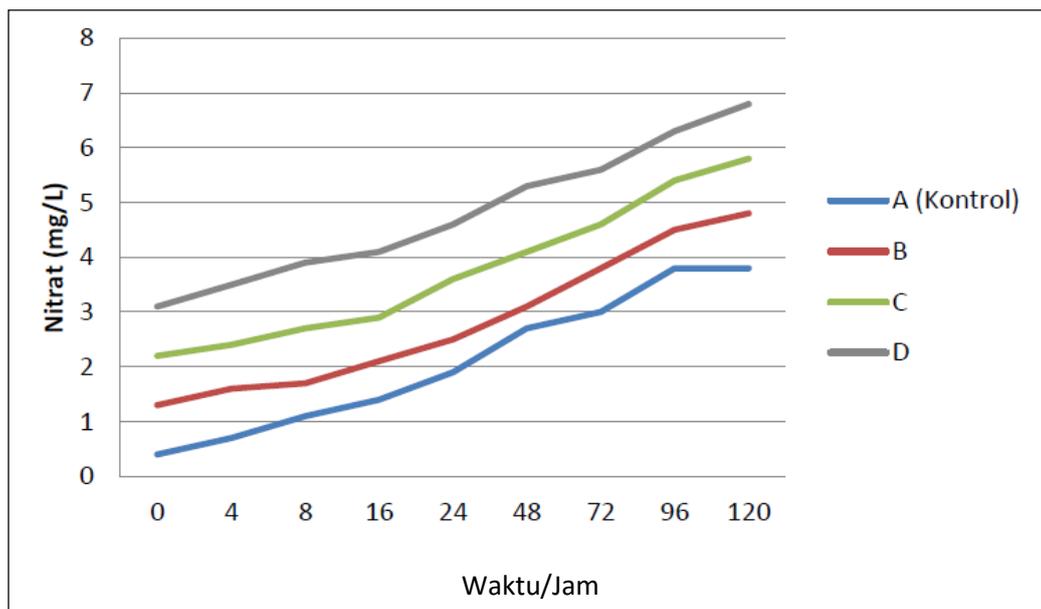
Setiap hari kandungan oksigen yang terkandung menurun hingga hari terakhir penelitian. Kandungan oksigen pada saat T0 (Pukul 10.00 WIB) merupakan kandungan oksigen tertinggi sebesar 9.46 mg/L hal ini dikarenakan air laut yang akan digunakan sebagai media tanam telah diaerasi menggunakan aeratator selama 3 hari. Menurut Aslan (1998), batas optimum untuk

oksigen terlarut pada budidaya rumput laut adalah >4 mg/L. Hasil pengamatan terhadap pola perubahan kandungan oksigen menunjukkan penurunan kandungan oksigen terlarut pada semua perlakuan selama penelitian. Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan konsumsi oksigen karena akumulasi bahan organik.

**Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Konsentrasi nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) selama penelitian cenderung meningkat setiap harinya. Konsentrasi Nitrat yang terkandung pada air laut selama penelitian berkisar antara 0.4– 6.8 mg/L (Gambar 5). Meningkatnya konsentrasi NO<sub>3</sub><sup>-</sup> diperkirakan karena adanya bakteri nitrifikasi yang menyebabkan terjadinya oksidasi ammonia oleh bakteri Nitrosomonas (Wetzel, 1983) yang telah mengubah NH<sub>4</sub> menjadi NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. NH<sub>4</sub> yang diberikan pada awal penelitian pada setiap perlakuan adalah sebanyak 0.50 ppm dan masing-masing perlakuan mengalami kenaikan konsentrasi nitrat setiap hari.

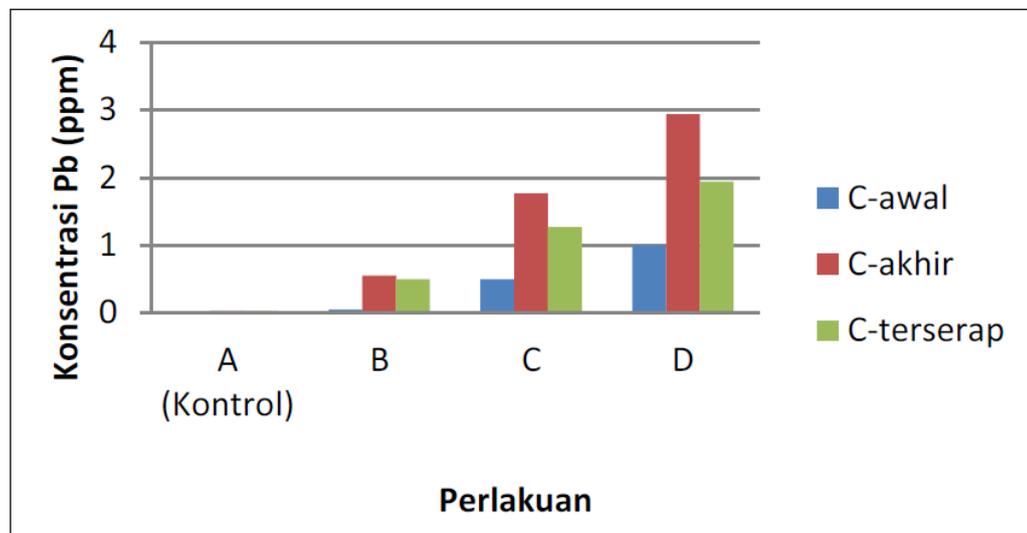
Meningkatnya konsentrasi nitrat setiap hari karena ketika ion ammonium dioksidasi, bakteri memperoleh energi dan melepas ion nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Ion nitrit yang dihasilkan akan dioksidasi lebih lanjut oleh bakteri menjadi ion nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Oksidasi ion nitrit oleh bakteri disebut proses nitrifikasi. Ketika ion nitrit dioksidasi, bakteri memperoleh energi dan melepas ion nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Ketika bakteri mengoksidasi substrat, maka proses reproduksi akan terjadi atau terjadi peningkatan populasi bakteri sehingga dapat menyebabkan kenaikan konsentrasi nitrat pada air laut. Menurut Effendi (2003) bahwa kadar nitrat-nitrogen pada perairan alami hampir tidak pernah melebihi dari 0,1 mg/L, akan tetapi jika kadar nitrat lebih besar 0,2 mg/L akan mengakibatkan eutrofikasi (pengayaan) yang selanjutnya menstimulir pertumbuhan *Gracilaria sp.* secara pesat.



Gambar 5. Konsentrasi Nitrat Pada Media Air

**Pemaparan Pb pada *Gracilaria sp.***

Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi logam berat Pb tubuh *Gracilaria sp.* memperlihatkan bahwa jumlah logam berat Pb yang terserap paling tinggi terjadi pada perlakuan D sebesar 1 ppm, sedangkan konsentrasi terendah terjadi pada perlakuan A yaitu (0,00 ppm), dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi Pb yang diberikan maka semakin tinggi pula penyerapan yang dilakukan oleh thallus (Gambar 6).



Gambar 6. Daya Serap Gracillaria Sp. Terhadap Logam Berat (Pb)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian Pb pada awal penelitian dengan konsentrasi yang berbeda terhadap *Gracilaria sp.* memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap penyerapannya. Hasil penelitian *Gracilaria sp.* yang dipaparkan oleh logam Pb selama 6 hari, maka kandungan Pb pada *Gracilaria sp.* meningkat pada perlakuan D (1 ppm) menjadi 2.94 ppm, perlakuan C (0.50 ppm) menjadi 1.77 ppm dan perlakuan B (0.005 ppm) menjadi 0.55 ppm. Pemaparan *Gracilaria sp.* pada perlakuan A sebagai kontrol (perlakuan tanpa menambahkan Pb dan NH<sub>4</sub>) tidak menyebabkan peningkatan secara signifikan kandungan Pb pada *Gracilaria sp.* yaitu 0.00 ppm, kondisi ini dikarenakan oleh rendahnya kandungan logam berat Pb yang terlarut dalam air laut yang cenderung merupakan air laut alami tanpa penambahan apapun.

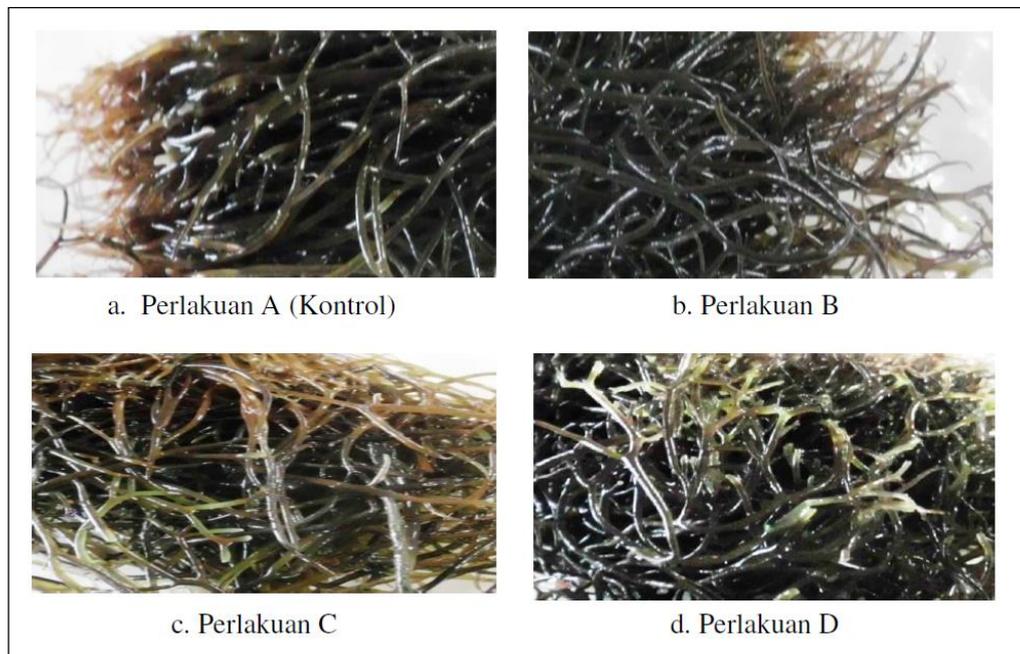
#### Pengaruh Pb Terhadap Pertumbuhan *Gracilaria sp.*

Penambahan Pb dengan waktu pemaparan 144 jam (6 hari) pada media airlaut memberikan dampak fisiologis terhadap pertumbuhan *Gracilaria sp.* terlihat bahwa penambahan konsentrasi yang berbeda memberikan dampak perubahan fisiologis dan perubahan warna yang berbeda.

Gambar 7a menunjukkan perlakuan A (kontrol) tanpa penambahan Pb (0.00 ppm) atau NH<sub>4</sub> (0.00 ppm). Perkembangan thallus *Gracilaria sp.* tidak mengalami perubahan sama sekali dan kondisinya masih dalam keadaan tetap sehat dan normal dari awal sampai pada akhir penelitian. Hal ini karena kondisi yang relatif sama dengan habitat alaminya dan pada kondisi tersebut *Gracilaria sp.* berada pada lingkungan yang relatif tidak tercemar, sehingga *Gracilaria sp.* dapat menjalankan proses metabolisme sesuai dengan kondisinya di alam.

Pada Gambar 7b yang merupakan perlakuan B (0.05 ppm dengan penambahan NH<sub>4</sub> sebanyak 0.50 ppm) kondisi thallus belum banyak mengalami perubahan bentuk dan warna, bentuknya masih kenyal dan elastis. Gambar 7c merupakan perlakuan C (0.50 ppm Pb dan 0.50 NH<sub>4</sub>), mulai terlihat perubahan bentuk tubuh dan warna pada *Gracilaria sp.* menjadi lebih jelas. Hal ini ditunjukkan oleh timbulnya klorosis, thallus yang menjadi non-elastis (mudah patah) dan ujung thallus berwarna kekuningan. Perubahan fisiologis tanaman dapat diakibatkan dari kurangnya kemampuan tanaman dalam mentoleransi tingginya konsentrasi Pb yang diberikan.

Gambar 7d merupakan hasil dari perlakuan D yaitu pemberian 1 ppm Pb dan 0.50 ppm NH<sub>4</sub> pada *Gracilaria sp.* terlihat dengan sangat jelas perubahan fisiologis yang terjadi. Hal ini ditunjukkan oleh timbulnya klorosis yang lebih banyak, thallus yang menjadi non-elastis (mudah patah) dan ujung thallus berwarna kekuningan. Beberapa gejala karena kelebihan logam berat akan mengakibatkan pengurangan dan penghambatan proses penyerapan nutrisi oleh tanaman, sehingga kehidupannya menjadi terhambat (Chino, 1981).

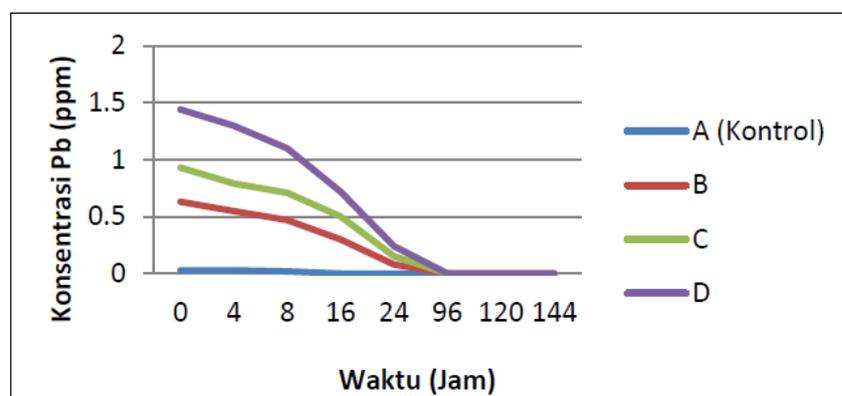


Gambar 7. Perubahan Bentuk *Gracilaria sp.* Pada Setiap Perlakuan

#### Konsentrasi Pb pada Media Air Laut

Kadar Pb dalam media air laut selama penelitian mengalami penurunan setiap harinya. Hal ini membuktikan bahwa *Gracilaria sp.* dapat digunakan sebagai biofilter untuk mengatasi pencemaran lingkungan oleh logam berat. Kandungan Pb pada media air laut mengalami penurunan karena diserap oleh *Gracilaria sp.* selama penelitian. Kandungan Pb pada air laut berkisar antara 0.00–1.44 ppm. Perlakuan A (Kontrol), B, C dan D dari waktu T0 hingga T7 menjadi 0.00 ppm pada semua perlakuan (Gambar 8).

*Gracilaria sp.* memiliki bentuk thallus seperti tulang rawan dan bercabang-cabang sehingga memungkinkan mempunyai kemampuan menyerap logam berat Pb lebih banyak dan lebih efektif. Logam berat Pb dapat masuk ke dalam tubuh *Gracilaria sp.* melalui beberapa tahap. Menurut Soemirat (2005) dalam Syafitri (2012), tahapan yang terjadi pada makroalga ketika tercemar logam berat Pb yaitu adsorpsi, absorpsi, distribusi, metabolisme, detoksifikasi, interaksi dan efek toksik.



Gambar 8. Konsentrasi Pb Pada Media Air

### **Pertumbuhan *Gracilaria* sp.**

Menurut Basyarie *et al.* (1987), pertumbuhan mutlak diukur dengan menggunakan rumus:

$$G = W_t - W_0$$

Keterangan:

G = Pertumbuhan mutlak (g)

W<sub>t</sub> = Berat pada akhir penelitian (g)

W<sub>0</sub> = Berat pada awal penelitian (g)

Semua perlakuan ketika awal penelitian menggunakan *Gracilaria* sp. dengan bobot yang sama yaitu 10.50 gr. Dapat dilihat pada tabel, rata-rata bobot akhir terberat adalah bobot dari perlakuan A sebagai kontrol (13.13 gr), lalu perlakuan B (11.03 gr), perlakuan C (9.86 gr) dan D (8.46 gr). Perlakuan A menjadi yang paling besar bobot akhirnya karena tidak diberikan Pb, sehingga *Gracilaria* sp. hanya menyerap makanan dan digunakan dalam metabolismenya dari air laut secara alami. Pertumbuhan *Gracilaria* sp. pada perlakuan B mengalami peningkatan seperti yang diperlihatkan melalui peningkatan berat basah sebagai tolak ukurnya, hal ini dapat dikarenakan *Gracilaria* sp. mengkonversi logam berat yang diberikan menjadi sumber bahan makanan untuk pertumbuhannya, dan Pb dengan jumlah 0.05 ppm masih dapat diterima oleh *Gracilaria* sp. tanpa banyak membuat kondisi fisiologis berubah. Peningkatan biomassa *Gracilaria* sp. terjadi karena mampu beradaptasi pada lingkungan yang tercemar logam berat. Perlakuan C dan D mengalami penyusutan bobot *Gracilaria* sp. dikarenakan pemberian Pb yang terlalu besar sehingga *Gracilaria* sp. mengalami kondisi fisiologis thallusnya berwarna putih, lembek dan mudah putus. Kondisi tersebut biasa dikenal dengan penyakit ice-ice pada rumput laut.

Penyakit ice-ice merupakan efek bertambah tuanya rumput laut dan kekurangan nutrisi (Kaas and Perez, 1990), ditandai dengan timbulnya bintik/bercak-bercak merah pada sebagian thallus yang lama kelamaan menjadi kuning pucat dan akhirnya berangsur-angsur menjadi putih dan akhirnya menjadi hancur atau rontok (Runtuboy, 2004).

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. *Gracilaria* sp. dapat dijadikan agen bioremediasi karena mampu menyerap kadar Pb dalam air laut.
2. Konsentrasi Pb dalam air laut sebesar 0.05 ppm, 0.5 ppm dan 1 ppm dapat diserap oleh *Gracilaria* sp. menjadi 0.55 ppm, 1.77 ppm dan 2.94 ppm.
3. Konsentrasi Pb 1 ppm dapat mengganggu pertumbuhan *Gracilaria* sp. Dan menyebabkan penyakit ice-ice.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Amalia, D. R. N. (2013). *Efek temperatur terhadap pertumbuhan Gracilaria verucosa*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember, Jember. 60 hlm.
- Anggadiredja, J. T. (2006). *Rumput laut*. Penerbit Penebar Swadaya, Jakarta.
- Aslan, L. (1998). *Budidaya rumput laut*. Edisi Revisi. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Basyarie, A., Danakusumah, T. I., Philip, S., Pramu, M., & Isyra, M. (1987). *Budidaya ikan baronang (Siganus sp)*. Sub Balai Penelitian Budidaya Pantai Bojonegoro. Semarang. 13 hlm.
- Chino, M. (1981). *Heavy metals pollution in soil*. Japan Scientific Societies Press, Tokyo.
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air*. Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Hala, Y., Wahab, A. W., & Meilanti, H. (2005). Analisis kandungan ion timbal dan seng pada kerang darah (*Anadara granosa*) di Perairan Pelabuhan Pare-Pare. *Jurnal Marina Chimica Acta*, 6(2), 12-16.

- Ika, T. I., & Said, I. (2012). Analisis logam timbal (Pb) dan besi (Fe) dalam air laut di wilayah pesisir pelabuhan ferry Taipa Kecamatan Palu Utara. *Jurnal Kimia*, 1(4), 181-186.
- Kaas, R., & Perez, R. (1990). Study of the intensive culture of *Undaria* on the Coast of Brittany. *Regional Workshop on the Cultured and Utilization of Seaweed*. Philippines. 31-33 p.
- Kementrian Lingkungan Hidup (2004). Keputusan Kementrian Lingkungan Hidup No. 51. Jakarta. 10 hlm.
- Khasanah, N. E. (2009). Adsorpsi logam berat. *Jurnal Oseana*, 34(4), 1-7.
- Oves, M., Khan, M. S., Zaidi, A., & Ahmad, E. (2012). *Soil contamination, nutritive value, and human health risk assessment of heavy metals: an overview*. In: Zaidi, A., Wani, P. A. & Khan, M. S. (Eds). *Toxicity of heavy metals to legumes and bioremediation*. Springer, New York.
- Runtuboy, N. (2004). *Diseminasi budidaya rumput laut cottoni (Kappaphycus alvarezii)*. Laporan Tahunan Balai Budidaya Laut Tahun Anggaran 2003.189-195 hlm.
- Suherni (2010). *Keracunan timbal di Indonesia*. The LEAD Group Incorporated, Sydney, Australia. 19 p.
- Wetzel, R. G. (1983). *Limnology*. Second edition. Saunders College Publishing, Toronto.