

## POTENTIAL MICROALGA *Chlorella vulgaris* FOR BIOREMEDIATION OF HEAVY METAL Pb

Asyatul Halima<sup>1\*</sup>, Nursyirwani<sup>2</sup>, Irwan Effendi<sup>2</sup>, Hanies Ambarsari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Student of The Faculty of Fisheries and Marine Science University of Riau, Pekanbaru

<sup>2</sup>Lecturer at The Faculty of Fisheries and Marine Science University of Riau, Pekanbaru

<sup>3</sup>Head of Environmental Microbiology Laboratory of PTL-BPPT Serpong

\*asyatul.halima@gmail.com

### ABSTRACT

This research was conducted from April to July 2019 at the Center for Environmental Technology Laboratory (PTL), Geostech 820 Building, Serpong Region Puspittek, South Tangerang. The aim of this research was to determine growth of *Chlorella vulgaris* on media added with Pb at different concentrations, and to determine the ability to absorb Pb. The experimental method was conducted by using concentrations of Pb at 3 different levels consisting of 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm in triplicate and control treatment without the addition of Pb. Each sample was analyzed by ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometer*). Data was analyzed by using ANOVA followed by LSD test. The growth of *C. vulgaris* biomass during the cultivation were Pb 1 ppm (10.38 g / l), k (9.10 g / l), Pb 5 ppm (8.36 g/l) and Pb 10 ppm (7.13) g/l). ANOVA test showed that different concentrations of Pb gave a very significant difference (Sig. <0.05) on the growth of *C. vulgaris*. Reduction in the concentration of Pb metal in culture media were Pb 10 ppm (96.8%), Pb 5 ppm (96.2%), Pb 1 ppm (90%) and there is no Pb found in control. ANOVA test results showed that *C. vulgaris* had a very significant effect (Sig. <0.05) on the decrease of Pb metal concentration. This shows that *C. vulgaris* has the capacity as bioremediation of Pb with different concentrations

**Keywords:** *Chlorella vulgaris*, Bioremediation, Lead (Pb), Biomass,

### I. PENDAHULUAN

Buangan industri merupakan salah satu masalah pencemaran yang perlu ditanggulangi. Kontaminasi bahan pencemar yang berasal dari aktivitas industri, pertanian, maupun kegiatan rumah tangga sangat berpotensi menimbulkan perubahan kualitas air akibat masuknya limbah yang berasal dari kegiatan tersebut. Limbah industri yang mengandung logam berat dapat menyebabkan semakin tingginya bahan pencemar yang dibawa oleh aliran sungai menuju muara dan akan terakumulasi di laut. Kondisi tersebut dapat berpengaruh pada biota laut yang ada

didalamnya sehingga berdampak pada kehidupan manusia.

Salah satu bahan pencemar yang paling berbahaya bagi kesehatan manusia adalah logam berat. Timbal (Pb) termasuk salah satu golongan logam berat non-esensial yang bersifat racun apabila masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Pb dapat mencemari udara, air, tanah, tumbuhan, hewan, bahkan manusia karena Pb bersifat karsinogenik (Juniawan, 2013).

Logam berat berbahaya terhadap organisme dan kesehatan manusia. Salah satu upaya mengatasi pencemaran logam berat (Pb) di perairan adalah bioremediasi. Bioremediasi yaitu suatu proses pengolahan

cemaran limbah sebagai upaya untuk melakukan perbaikan kualitas lingkungan dengan memanfaatkan makhluk hidup. Salah satu makhluk hidup yang berpotensi besar sebagai agen bioremediasi adalah mikroalga. Mikroalga mampu secara selektif menyerap logam dari media cair dan mengakumulasi logam tersebut dalam selnya. Salah satu jenis mikroalga yang digunakan untuk mengurangi kadar logam berat di perairan adalah *Chlorella vulgaris*. Kemampuan tumbuh *C. vulgaris* pada lingkungan tercemar karena memiliki polyamine untuk adaptasi pada ekosistem air yang tercemar dengan logam berat. Polyamine juga berperan sebagai molekul yang mampu melindungi tanaman terhadap resiko tekanan dari lingkungan (Hunter, 2012).

Kemampuan spesies mikroalga (*C. vulgaris*) sebagai bioremediasi logam Pb perlu diketahui sehingga dalam pemanfaatannya diperoleh hasil yang optimal. Penelitian ini untuk mengetahui pertumbuhan *C. vulgaris* pada media yang ditambahkan Pb dengan konsentrasi berbeda dan untuk mengetahui kemampuannya dalam menyerap logam Pb.

## 2. METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan dari bulan April sampai Juli 2019 di Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan (PTL) – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Gedung 820 Geotech, Kawasan Puspitek Serpong, Tangerang Selatan. Pengambilan sampel air laut dilakukan di area Pelabuhan Kali Adem, Muara Angke, Jakarta Utara. Untuk uji ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectrometer*) dilakukan di Laboratorium SIG (Saraswanti Indo Genetech) Bogor.

### Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di

laboratorium, Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu perlakuan, yaitu konsentrasi Pb dengan tiga taraf, terdiri dari 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm dilakukan tiga kali pengulangan, dan perlakuan kontrol tanpa penambahan Pb, sehingga unit percobaan ada 12 buah.

## Prosedur Penelitian

### Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi alat dan bahan bertujuan agar alat dan bahan bebas dari mikroorganisme yang tidak diinginkan. Sterilisasi air laut yang digunakan sebagai media kultur *C. vulgaris* menggunakan *autoclave*. Air yang telah disterilisasi kemudian disimpan dalam wadah tertutup dan terhindar dari cahaya matahari untuk mencegah pertumbuhan lumut dan fitoplankton yang tidak diinginkan (Purnawati *et al.*, 2012).

Sterilisasi alat-alat dari kaca dilakukan dengan menggunakan *autoclave*. Sebelum digunakan, peralatan dicuci dengan tipol kemudian dibilas dengan air tawar, dikeringkan, kemudian dibungkus dengan aluminium foil. Setelah itu dimasukkan dan diatur rapi dalam *autoclave*, ditutup rapat dan dioperasikan dengan suhu 121<sup>0</sup>C. Setelah proses selesai, botol kultur dikeluarkan dari *autoclave* dan disimpan pada wadah yang bersih. Selang dan batu aerasi disterilisasi dengan cara dicuci terlebih dahulu dengan tipol yang kemudian di bilas dengan air tawar.

### Pembuatan Medium Tumbuh Mikroalga

Medium tumbuh yang akan digunakan untuk pertumbuhan *C. vulgaris* dalam penelitian ini adalah medium Walne. Medium ini digunakan karena sesuai dengan medium stok murni dari BBRP2BKP Jakarta sehingga memudahkan adaptasi mikroalga *C. vulgaris*. Biakan stater yang digunakan untuk uji ditumbuhkan pada medium walne berumur 7 hari.

Tahap pembuatan 1 L medium Walne yang pertama adalah menyiapkan akuades sebagai bahan pelarut untuk larutan *trace metal*, larutan vitamin, dan larutan nutrien.

- Ditimbang bahan-bahan larutan *trace metal*, yaitu ZnCl<sub>2</sub> (2,1 g), CoCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O (2 g), (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O (0,9 g), dan CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O (2g). Bahan-bahan larutan *trace metal* dilarutkan ke dalam 100 mL akuades dan diberi label.
- Ditimbang bahan-bahan larutan vitamin, yaitu vitamin B12 (10 mg), vitamin B1 (10 mg), dan biotin (200 µg). Bahan-bahan larutan dilarutkan ke dalam 100 mL akuades dan diberi label.
- Ditimbang bahan-bahan larutan nutrien, yaitu FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (1,3 g), MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O (0,36 g), H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (33,6 g), EDTA – 2Na (45 g), NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O (20 g), NaNO<sub>3</sub> (100 g). Bahan-bahan larutan nutrien dilarutkan ke dalam 1 L akuades dan ditambahkan larutan *trace metal* sebanyak 1 mL kemudian diberi label. Sebanyak 1 mL larutan nutrien yang telah dibuat kemudian dilarutkan ke dalam 1 L air laut yang telah disterilisasi. Larutan tersebut disterilisasi menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C selama 15 menit. Setelah disterilisasi, masukkan larutan vitamin sebanyak 0,1 mL secara aseptik. Simpan medium pada lemari pendingin (CCAP 2012).

### Persiapan Logam Berat Timbal (Pb)

Pembuatan larutan stok timbal diawali dengan menimbang Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> sebanyak 1,59 g kemudian dilarutkan ke dalam labu ukur dengan 1000 mL, dihomogenkan. Pengambilan stok Pb dilakukan menggunakan rumus berikut (Gunawati, 2011):

$$V_1N_1 = V_2N_2$$

Keterangan :

V<sub>1</sub> = Volume larutan stok yang akan digunakan

N<sub>1</sub> = Konsentrasi larutan stok (1000 mg/L)

V<sub>2</sub> = Volume larutan uji (1000 mL)

N<sub>2</sub> = Konsentrasi larutan uji yang akan dibuat

### Pengukuran *Optical Density* (OD)

Pengukuran *optical density* dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Tahap pertama pengukuran adalah menyiapkan blanko (akuades) dan biakan *C. vulgaris* sebanyak 3 mL kemudian dimasukkan ke dalam kuvet. Kuvet tersebut kemudian dimasukkan kedalam alat spektrofotometer UV-Vis dan program dijalankan. Kalibrasi dilakukan dengan blanko (akuades) kemudian dilanjutkan dengan mengukur absorbansi tiap sampel. Hasil dari pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis berupa grafik absorbansi terhadap panjang gelombang. Panjang gelombang yang digunakan untuk pengukuran absorbansi *C. vulgaris* adalah 680 nm. Pengukuran dilakukan pada hari (H) H<sub>1</sub>, H<sub>4</sub>, H<sub>7</sub>, H<sub>9</sub>, H<sub>11</sub>, H<sub>13</sub>, H<sub>15</sub>.

### Penyemplingan dan Perhitungan Biomassa

Perhitungan kultur stok *C. Vulgaris* yang digunakan untuk kultur menggunakan rumus (BPPT, 2013):

$$PB = \frac{W_1 - W_0}{V}$$

Keterangan :

PB = Kerapatan Biomassa (gram/L)

V = Volume (L)

W<sub>1</sub> = Berat kertas saring+Berat kultur (g/gram)

W<sub>0</sub> = Berat Kertas saring (gram)

### Pengambilan Data Kemampuan Bioremediasi

Kemampuan penyerapan Timbal (Pb) oleh *C. vulgaris* dapat diketahui dengan melakukan perhitungan efisiensi penyerapan dengan membandingkan konsentrasi logam setelah penyerapan dengan konsentrasi logam mula-mula (Wiyarsi dan Priyambodo, 2013). Pengambilan dan kemampuan Timbal (Pb) oleh *C. vulgaris* dilakukan dengan mengukur kandungan logam berat Timbal (Pb) sebelum perlakuan dan pada akhir perlakuan, Pengukuran Timbal (Pb) pada air media dan *C. vulgaris* diuji dengan ICP-

OES (*Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometer*). Menurut Wiyarsi dan Priyambodo (2013), perhitungan efisiensi penyerapan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Eff} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan :

Eff : Efisiensi Penyerapan

C0 : Konsentrasi logam mula-mula

C1 : Konsentrasi logam setelah penyerapan

Hasil uji disajikan dalam bentuk persentase untuk mengetahui kemampuan *C. vulgaris* dalam menyerap Timbal (Pb) pada konsentrasi 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm.

### Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel dan grafik,

kemudian data dianalisis dan diuji dengan statistik *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk membandingkan antar perlakuan dengan tingkat kepercayaan 95%. Selanjutnya data dibahas secara deskriptif berdasarkan literatur yang berkaitan dengan kemampuan *C. vulgaris* dalam menyerap logam berat Pb serta pertumbuhan *C. vulgaris* pada media tercemar Pb

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### Parameter Kualitas Air

Kondisi lingkungan yang mencakup parameter fisika-kimia perairan dapat mempengaruhi kehidupan suatu organisme, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengukuran kualitas perairan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan yang meliputi suhu, pH, dan DO. Rata-Rata nilai pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1

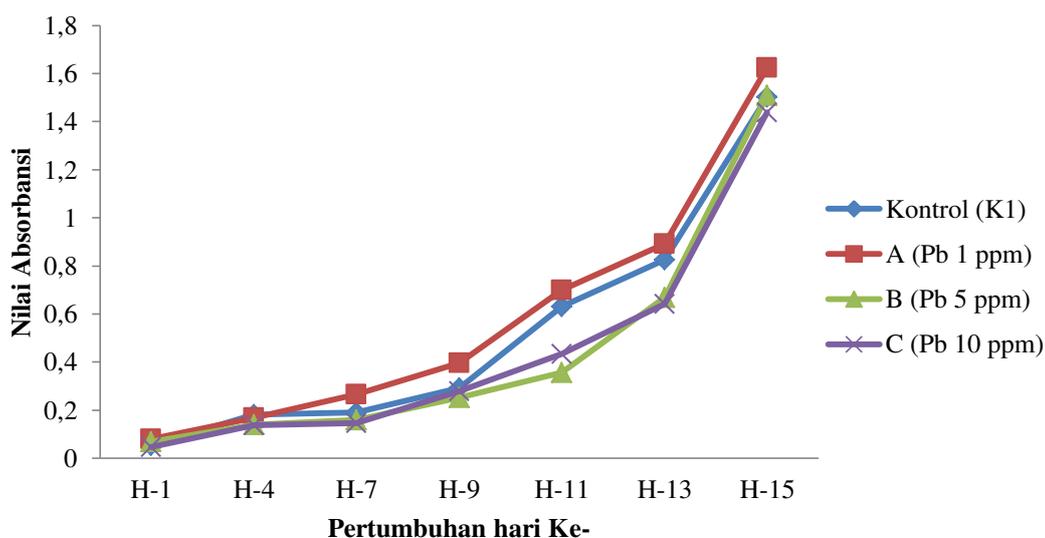
**Tabel 1.** Rata-Rata Nilai Kualitas Air pada kultur *C. vulgaris*

Parameter	Konsentrasi	Pengamatan ke-						
		H1	H4	H7	H9	H11	H13	H15
Suhu	K (Kontrol)	26,8	26,7	27,1	25,5	28,8	28,2	24,1
	A (Pb 1 ppm)	26,5	26,8	27,3	25,7	28,3	28,0	24,4
	B (Pb 5 ppm)	26,2	27,3	27,7	25,9	27,7	28,0	25,0
	C (Pb 10 ppm)	26,1	27,4	28,0	26,3	27,5	27,9	25,8
pH	K (Kontrol)	7	7	7	7	7	7	7
	A (Pb 1 ppm)	7	7	7	7	7	7	7
	B (Pb 5 ppm)	7	7	7	7	7	7	7
	C (Pb 10 ppm)	7	7	7	7	7	7	7
DO	K (Kontrol)	5,18	5,68	5,80	5,73	5,57	5,72	5,78
	A (Pb 1 ppm)	5,09	5,60	5,41	5,60	5,65	5,41	5,79
	B (Pb 5 ppm)	5,08	5,64	5,56	5,38	5,67	5,29	5,92
	C (Pb 10 ppm)	5,08	5,59	5,52	5,28	5,60	5,58	5,59

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil dari pengukuran parameter perairan menunjukkan kondisi perairan dalam keadaan baik. Rata-rata suhu perairan berkisar 24,1 - 28,8 °C, pH rata-rata 7, dan nilai rata-rata DO berkisar 5,08 - 5,80 mg/l.

#### Pengukuran Nilai Absorbansi (*Optical Density*)

Pengukuran nilai absorbansi dilakukan pada hari pengamatan (H) H<sub>1</sub>, H<sub>4</sub>, H<sub>7</sub>, H<sub>9</sub>, H<sub>11</sub>, H<sub>13</sub>, H<sub>15</sub>, sehingga didapat hasil perhitungan OD (*Optical Density*) yang disajikan pada Gambar 6.

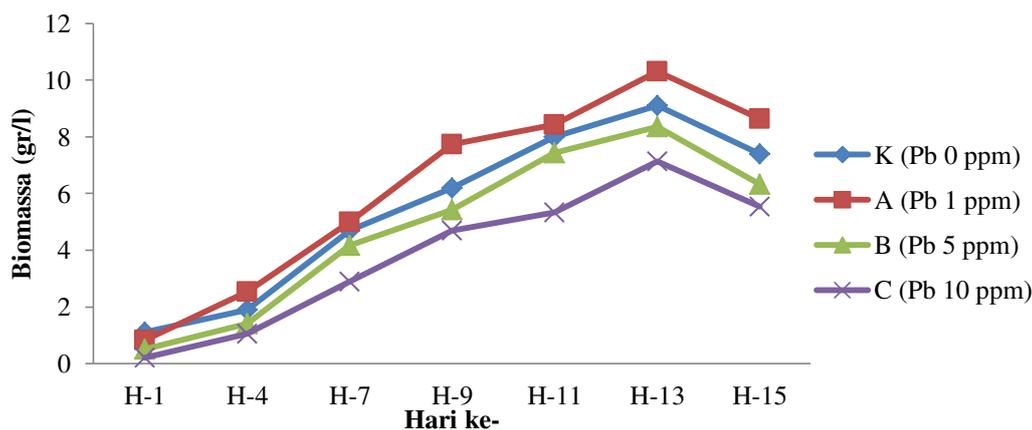


Gambar 6. Kurva Nilai Absorbansi Biakan *C. vulgaris*

Berdasarkan Gambar 6 di atas dapat dilihat bahwa nilai *optical density* berkisar 0,0469–1,6252. Nilai *Optical Density* tertinggi terdapat pada perlakuan A dengan pemberian logam Pb 1 ppm yaitu 1,6252. Perlakuan B dengan pemberian logam berat Pb 5 ppm yaitu 1,5099, perlakuan C dengan pemberian Pb 10 ppm yaitu 1,4384, dan perlakuan K (kontrol) tanpa pemberian Pb yaitu 1,5030. Sebagai data pendukung pertumbuhan kultivasi mikroalga *C.vulgaris*.

#### Perhitungan Biomassa *C. vulgaris*

Perhitungan kultur biomassa dilakukan untuk mengetahui perkembangan biomassa *C. vulgaris*. Pada hari ke-1 menunjukkan bahwa sel *C. vulgaris* telah beradaptasi dengan media pertumbuhan baru. Dalam proses adaptasi sel mikroalga telah memanfaatkan nutrisi yang ada dalam media belum optimal. Fase ini disebut fase lag. Hasil perhitungan kultur biomassa dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7. Kurva nilai biomassa biakan *C. vulgaris*

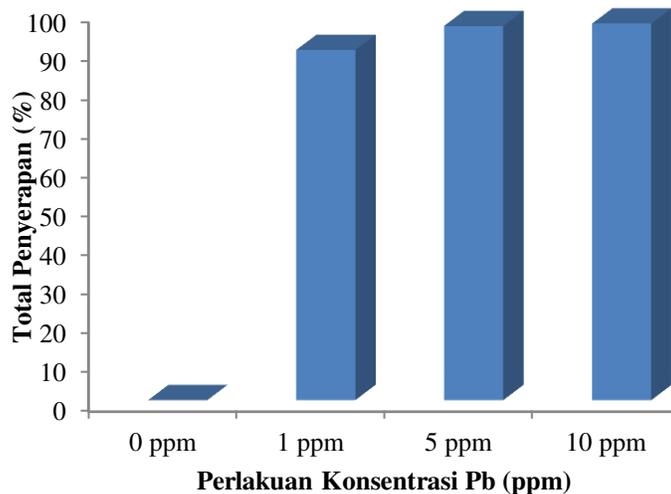
Berdasarkan Gambar 7 bahwa perbedaan konsentrasi logam Pb ditunjukkan biomassa *C. vulgaris* setiap perlakuan menunjukkan biomassa yang berbeda selama kultur 15 hari. Perlakuan konsentrasi logam Pb yang berbeda memberikan pertumbuhan biomassa tertinggi pada konsentrasi logam Pb A (1 ppm).

Nilai biomassa *C. vulgaris* tertinggi yaitu A (1 ppm) pada hari ke-13 sebanyak 10,30 g/l. Hal ini berarti bahwa *C. vulgaris* dapat tumbuh optimal pada penambahan logam Pb 1 ppm. Namun, nilai biomassa menurun pada hari ke-15 dengan nilai biomassa yaitu 8,63 g/l, pada fase ini telah memasuki fase kematian akibat jumlah nutrisi yang semakin terbatas. Nilai biomassa *C. vulgaris* terendah ditunjukkan pada perlakuan pemberian Pb 10 ppm, puncak terjadi pada hari ke-13 sebanyak 7,13 g/l. dan pada hari ke-15 biomassa *C. vulgaris* menurun dengan jumlah 5,53 g/l. Berdasarkan uji *Oneway ANOVA*, diperoleh nilai signifikan sebesar 0,00 (sig.<0,05) maka

terdapat perbedaan antar perlakuan yang artinya  $H_{01}$  ditolak dan  $H_{11}$  diterima yang menyatakan terdapat pengaruh pemberian Pb yang berbeda terhadap pertumbuhan *C. vulgaris*. Oleh sebab itu dilakukan uji lanjut (LSD) dengan hasil terdapat perbedaan yang sangat nyata (sig.<0,05) pada semua perlakuan.

### Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dalam Media Kultur

Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisa kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air media kultur *C. vulgaris* menunjukkan terjadinya penurunan. Data lengkap hasil pengujian kandungan Pb pada media kultur disajikan pada (Lampiran 8) pengujian melakukan ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometer*). Pengukuran konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada media kultur dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Diagram Nilai Persentase Logam Pb pada Biakan *C. vulgaris*

Efisiensi penyerapan terbesar terjadi pada perlakuan 10 ppm yakni sebesar 96,8%. 5 ppm sebesar 96,2 % dan 1 ppm sebesar 90 % dan K yaitu 0%. Berdasarkan uji *Oneway ANOVA*, diperoleh nilai signifikan sebesar 0,00 (sig. <0,05) maka terdapat perbedaan antar perlakuan yang artinya  $H_{02}$  ditolak dan  $H_{12}$  diterima yang menyatakan *C. vulgaris* mampu menyerap Pb. Oleh sebab itu dilakukan uji lanjut (LSD) dengan hasil terdapat perbedaan yang sangat nyata (<0,05) pada semua perlakuan.

## Pembahasan

### Parameter Kualitas Air

Kualitas air selama penelitian menunjukkan bahwa kondisi parameter kualitas air media kultur suhu, pH, DO masih berada dalam kondisi optimal. Suhu selama penelitian mempengaruhi aktivitas metabolisme organisme, selain itu suhu sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air. Hermanto *et al.* (2011) mengatakan laju pertumbuhan meningkat sejalan dengan kenaikan suhu, namun peningkatan suhu yang ekstrim dapat menyebabkan kematian. Facrullah, (2011) mengatakan suhu pada hasil pengamatan sudah memenuhi kriteria dimana *C. vulgaris* dapat tumbuh dengan baik pada suhu 25-30 °C. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses kimia, biologi dan fisika, peningkatan suhu dapat menurunkan suatu kelarutan bahan dan dapat menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi mikroalga di perairan.

Hasil pengukuran pH pada penelitian adalah normal. Nilai pH ini sesuai untuk media hidup *C. vulgaris*, menurut Dyah (2011), pH optimum untuk pertumbuhan *C. vulgaris* adalah 6-7. Oksigen diperlukan *C. vulgaris* untuk respirasi, Oksigen terlarut (DO) pada perairan berasal dari hasil fotosintesis dan difusi dari udara. Dyah (2011) menyatakan bahwa biakan mikroalga di laboratorium

perlu penyediaan oksigen terlarut (DO) yang cukup. Kadar oksigen terlarut (DO) 3-5 mg/l kurang produktif. 5-7 mg/l produktivitasnya tinggi dan diatas 7 mg/l sangat tinggi. Kadar oksigen terlarut (DO) selama penelitian berkisar 5,08 – 5,80 mg/l sehingga sudah sesuai dengan kebutuhan *C.vulgaris*.

### Pertumbuhan *Chlorella vulgaris*

Hasil dari pengujian selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 6. Pola pertumbuhan yang dimiliki mikroalga *C. vulgaris* dimulai dari fase lag (adaptasi) pada hari 0 - 4, kemudian dilanjutkan pada fase log pada hari ke 4 – 12. Ciri metabolisme selama fase log adalah aktivitas fotosintesis yang tinggi untuk pembentukan protein dan komponen penyusun plasma sel yang dibutuhkan dalam pertumbuhan. Keadaan ini ditandai dengan warna kultur yang semakin hijau dibandingkan pada awal kultur.

Semakin lama kultivasi, maka nilai OD semakin tinggi, baik untuk perlakuan Kontrol tanpa penambahan logam Pb, penambahan Pb 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm. Hal tersebut dikarenakan mikroalga mengalami pertumbuhan setiap harinya dengan cara pembelahan sel, sehingga nilai OD mikroalga meningkat seiring berjalannya waktu. Hal ini menunjukkan bahwa mikroalga memanfaatkan nutrisi dalam medium dengan sangat baik, sehingga OD mikroalga dapat mencapai nilai tertinggi seperti digambarkan dalam grafik pada konsentrasi 1 ppm, dapat dilihat bahwa logam berat berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga. Pada penelitian ini nilai OD tertinggi sebesar 1,6252 pada konsentrasi logam Pb 1 ppm. Hal ini diduga pada saat pengujian sel mikroalga yang mati juga terbaca di instruments sehingga dari awal sampai hari ke-15 mengalami peningkatan.

Jumlah pertumbuhan biomassa berat kering *C. vulgaris* paling tinggi pada pemberian konsentrasi logam Pb 1 ppm,

kontrol, Pb 5 ppm, dan paling rendah pada pemberian Pb 10 ppm. Jumlah biomassa *C. vulgaris* yang diberikan perlakuan logam Pb berbeda dapat disebabkan berbagai kondisi jenis medium, pencahayaan, kondisi operasi pada reaktor dan kondisi lingkungannya sesuai dengan Kawaroe *et al.*, (2010), yang menyatakan bahwa komunitas mikroalga pada suatu perairan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan antara lain temperatur (suhu), intensitas cahaya, derajat keasaman (pH), aerasi (sumber O<sub>2</sub>).

Laju biomassa *C. vulgaris* baik dalam konsentrasi logam Pb mengalami peningkatan dari hari ke-0 sampai hari ke-13, kemudian mengalami penurunan kembali pada hari ke-15. Dari hasil peningkatan ini, dapat dinyatakan bahwa dalam masa pertumbuhan biomasanya, *C. vulgaris* melewati beberapa fase, yaitu dari hari ke-0 sampai hari ke-4, mikroalga ini mengalami fase lag yaitu beradaptasi dengan lingkungan yang baru, sesuai dengan yang dinyatakan Brock and Madigan (1991), bahwa pada fase lag fotosintesis masih aktif berlangsung dan organisme mengalami metabolisme tetapi belum terjadi pembelahan sel sehingga kepadatannya belum meningkat. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan (Chlimawanti, 2008) menyatakan bahwa perbedaan lamanya masa adaptasi diduga karena adanya perbedaan kepekaan antara media kultur dengan cairan tubuh sel alga, dalam masa adaptasi sel-sel memulihkan enzim dan konsentrasi substrat ke tingkat yang diperlukan untuk pertumbuhan serta masuknya unsur hara ke dalam sel fitoplankton terjadi melalui proses difusi sebagai akibat perbedaan konsentrasi antara media kultur dengan cairan tubuh.

Pada hari ke-5 sampai hari ke-13, *C. vulgaris* mengalami fase eksponensial yaitu mikroalga mengalami pembelahan dengan konstan sehingga mengalami kepadatan sel dan mengalami peningkatan jumlah biomasanya, hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh (Kurniawan dan

Aunurohim, 2014) ciri metabolisme selama fase eksponensial yaitu tingginya aktivitas fotosintesis yang berguna untuk pembentukan protein dan komponen-komponen plasma sel yang dibutuhkan dalam pertumbuhan. Pada penelitian ini digunakan pupuk walne pada semua perlakuan. Media walne merupakan media tumbuh yang baik bagi *C. vulgaris* karena media ini memiliki kandungan nutrisi yang dibutuhkan oleh *C. vulgaris*. Diantaranya adalah nitrogen, fosfor, vitamin B12 karena vitamin B12 berguna bagi pertumbuhan selnya dan alga ini tidak dapat menghasilkannya sendiri. Biomassa tertinggi yang terjadi pada perlakuan A (1 ppm) juga dapat dilihat dari medium pertumbuhan yang semakin hijau pekat. Jumlah populasi yang tinggi dapat dilihat dari perubahan medium kultur yang berwarna hijau pekat yang menunjukkan tingginya kerapatan sel dalam media kultur. Biomassa *C. vulgaris* dalam penelitian ini mengalami peningkatan hanya sampai pada hari ke-13, setelah itu mengalami penurunan sampai hari ke-15. Dalam hal ini *C. vulgaris* mengalami fase stasioner, yaitu mulai mengalami penurunan dibandingkan fase eksponensial. Pernyataan ini di dukung oleh pendapat (Chlimawanti, 2008) penurunan populasi ini disebabkan karena kultur yang dilakukan pada volume yang terbatas yang menyebabkan jumlah nutrisi yang terkandung dalam media juga terbatas sehingga *C. vulgaris* tidak mampu lagi mempertahankan kepadatannya. Faktor stasioner terjadi karena nutrisi dalam media sudah sangat berkurang sehingga tidak mencukupi untuk pertumbuhan dan pembelahan sel (Prihantini, 2005).

#### **Efisiensi Penyerapan Logam Berat Timbal (Pb) oleh *C. vulgaris***

Efisiensi penyerapan Pb berbeda untuk setiap perlakuan. Efisiensi terbesar terdapat pada perlakuan 10 ppm yakni sebesar 96,8%. 5 ppm sebesar 96,6% dan 1 ppm sebesar 90 %. Hal ini menunjukkan

bahwa *C.vulgaris* memiliki kemampuan dalam menyerap logam berat Pb, dan juga bahwa konsentrasi mempengaruhi penyerapan logam timbal (Pb). Semakin tinggi konsentrasi logam yang diberikan maka semakin besar penyerapan logam tersebut, sebaliknya jika konsentrasinya rendah maka kemampuan *C.vulgaris* dalam menyerap logam tersebut juga rendah. Sebagaimana pendapat ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan Widiyani *et al.* (2014) menyatakan bahwa peningkatan kemampuan biasorpsi logam berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi. Hal ini berkaitan dengan adanya efek cekaman yang terjadi sehingga meningkatkan semua transfer ionic dan mengakibatkan adsorpsi ion logam tinggi. Setiap sel mikroalga memiliki daya serap yang berbeda-beda, tergantung dari kandungan gugus fungsional dari dinding sel dan pertukaran ion yang terjadi pada permukaan selnya. Selain itu, luas permukaan sel dari masing-masing jenis mikroalga juga mempengaruhi laju serapan logam berat oleh mikroalga tersebut (Facrullah, 2011). Sedangkan ukuran diameter *C.vulgaris* adalah 2 – 8 mikrometer, semakin kecil ukuran sel, maka semakin besar luas permukaannya sehingga masuknya nutrisi ke dalam jaringan sel lebih cepat (Musa *et al.*, 2013).

Perez-Rama *et al.* (2002) menyatakan bahwa pada saat pertumbuhan mikroalga berlangsung, logam di lingkungan sel diserap dan di akumulasi di dalam sel, baik secara proses nonmetabolik (*adsorption*) ataupun metabolik (*absorption*). Selain penyerapan oleh mikroalga, penurunan kadar logam berat juga dapat diakibatkan oleh penguapan dimana logam Pb terbawa oleh air yang menguap. Penguapan diakibat oleh suhu kultur.

Ada banyak hal yang menyebabkan mekanisme penyerapan timbal (Pb) oleh *C. vulgaris* terjadi pada perlakuan Pb 1 ppm, 5 ppm, dan 10ppm, seperti selulosa di dinding sel *C. vulgaris*. *C. vulgaris* struktur

dinding sel selulosa. Dalam struktur kimianya selulosa memiliki gugus OH. Selulosa memiliki potensi cukup besar untuk digunakan sebagai penangkap ion logam karena gugus OH terikat untuk berinteraksi dengan adsorbat, adsorbat dalam penelitian ini adalah Pb. Kelompok OH menyebabkan selulosa terkandung di dinding sel *C. vulgaris*. Dengan demikian gugus OH dalam selulosa dapat menyerap lebih banyak zat sangat polar dari zat kurang polar. Kehadiran gugus OH menyebabkan ion logam Pb mekanisme penyerapan di dinding sel *C.vulgaris*. Interaksi antara selulosa di dinding sel *C.vulgaris* dengan ion Pb adalah mekanisme detoksifikasi ekstraseluler toleransi. Detoksifikasi adalah proses konversi logam berat menjadi bentuk tidak beracun.

Pengurangan kadar Pb dalam media kultur *C.vulgaris* itu juga dapat terjadi melalui pembentukan protein pengikat logam yang ditemukan dalam mikroalga, antara lain metalotionein dan fitokelatin. Menurut Lehniger *et al.* (1993) mikroalga dapat mensintesis logam fitokelatin protein untuk menanggapi efek negatif dari logam berat. Protein dapat berikatan dengan logam berat karena memiliki gugus sulhidril (-SH) dan akan terakumulasi dalam vakuola, melalui proses enzimatik.

Menurut Palar (2008), senyawa yang mengandung gugus sulhidril dapat dengan mudah mengikat ion logam yang masuk ke dalam tubuh. Fitokelatin akan membentuk kompleks dengan logam berat dan berfungsi sebagai detoksifikasi. Fitokelatin disintesis dari turunan tripeptide (glutathione), jika lingkungan tercemar oleh Pb, maka ia akan membentuk fitokelatin glutathione. Fitokelatin selanjutnya akan membentuk fitokelatin-Pb yang akan diteruskan ke vakuola. Lehniger *et al.* (1993), menyatakan bahwa mikroalga umumnya memiliki mekanisme perlindungan terhadap logam beracun untuk menjaga hidupnya sendiri.

Mekanisme ini melibatkan pembentukan kompleks logam dengan protein dalam membran sel sehingga logam dapat terakumulasi dalam sel tanpa mengganggu pertumbuhan. Jika konsentrasi logam begitu tinggi, akumulasi dapat menghambat pertumbuhan sel karena sistem perlindungan organisme tidak lagi mampu mengimbangi efek logam beracun. Selain itu juga terkait ukuran sel *C. vulgaris*.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *C. vulgaris* mampu tumbuh normal pada media air laut yang telah ditambahkan Pb pada semua taraf konsentrasi. Pertumbuhan biomassa perlakuan logam pada Pb 1 ppm pada fase puncak (10,30 g/l) lebih banyak dari kontrol (9,10 g/l), biomassa pada perlakuan Pb 5 ppm dan 10 ppm masing masing sebanyak 8,36 g/l dan 7,13 g/l.

*C. vulgaris* memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyerap kadar logam berat Pb. Persentase penurunan tertinggi berada pada konsentrasi 10 ppm yakni sebesar 96,8 %, konsentrasi 5 ppm yakni 96,2 %, konsentrasi 1 ppm yakni 90 %, setelah kultur selama 15 hari, dan tidak terdapat kandungan logam Pb pada perlakuan kontrol.

### Saran

Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang bioremediasi terhadap perairan yang tercemar logam berat Pb dengan menggunakan mikroalga *C. vulgaris* dilakukan analisis penambahan parameter yang dapat mempengaruhi jumlah kerapatan biomassa. Selanjutnya diharapkan dapat mengetahui dosis nutrisi yang lebih baik lagi untuk mempengaruhi pertumbuhan biomassa *C. vulgaris*

## DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Pengkajian dan Pengembangan Teknologi (BPPT). (2013). Development of Planning and Policy Support for Improving the Potential Production of Biogas as Renewable Energy in Indonesia's Tofu Industries, Renewable Energy-Efficiency Energy Partnership (REEEP) Environmental Technology Centre, The agency for the Assessment and Application of Technology.
2. Brock, T.D. and M.T. Madigan. (1991). *Biology of Microorganisms*. Sixth ed. Prentice-Hall International, Inc.
3. Chilimawanti, D. dan Suminto. (2008). Penggunaan Media Kultur yang Berbeda terhadap Pertumbuhan *Chlorella* sp. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Semarang.
4. Culture Collection of Algae and Protozoa (CCAP). (2012). *Walne's Medium for Algal Cultures*. Dunstaffnage Marine Laboratory, Oban, Argyll, PA371QA, UK.
5. Dyah, P.S. (2011). Produksi Biodiesel dari Mikroalga *Chlorella* sp. dengan Metode Esterifikasi *In-Situ*. *Tesis*. Program Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro. Semarang.
6. Facrullah, M.R. (2011). Laju Pertumbuhan Mikroalga Penghasil *Biofuel* Jenis *Chlorella* sp. dan *Nannochloropsis* sp. yang dikultivasi menggunakan Air Limbah Hasil Penambangan Timah di Pulau Bangka. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
7. Gunawati, W.D. (2011). Bioremoval oleh *Spirulina plantesis*. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Surabaya.
8. Hermanto, M.B., L.C. Sumardi, S.M. Hawa dan Fiqtinovri. (2011). Perancangan Bioreaktor untuk Pembudidayaan Mikroalga. *Jurnal Teknologi Pertanian*, Volume 8(3), Pages 179-183

9. Hunter, (2012). *Polyamines of Plant Origin – An Important Dietary Consideration for Human Health*. New Zealand: In Tech.
10. Juniawan A., B. Rumhayati dan B. Lamuyanto. (2013). Kateristik Lumpur Lapindo dan Fluktuasi Logam Berat Pb dan Cu pada Sungai Porong dan Aloo. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia* Volume 7(1), Pages 1-10.
11. Kawaroe, M. T., Prartono, A. Sunuddin dan S.W. Sari. (2010). *Mikroalga: Potensi dan Pemanfaatannya Untuk Produksi Bio Bahan Bakar*. PT. Penerbit IPB Press. Bogor.
12. Kurniawan, J.I. dan Aunurohim. (2014). Biasorpsi Logam Zn dan Pb oleh Mikroalga *Chlorella* sp. *Jurnal sains dan seni Pomits* Vol. 3 (1), Pages 1-6
13. Lehninger, A.L., D.L. Nelson., dan M.M. Cox. (1993). *Principles of Biochemistry*, Second Edition. New York: Worth Publishers.
14. Musa, B., I. Raya dan S. Dali. (2013). Pengaruh Penambahan Ion Cu<sup>+</sup> terhadap Laju Pertumbuhan Fitoplankton *Chlorella vulgaris*. (p. 9). Universitas Hasanuddin. Makassar.
15. Perez-Rama, M., J.A. Alonso, C.H. Lopez and E.T. Vaamonde. (2002). Cadmium Removal by Living Cells of The Marine Microalga *Tetraselmis suecica*. *Bioresour.* Volume 84, Pages 265.
16. Prihantini, N.B., B. Putri dan R. Yuniati. (2005). Pertumbuhan *Chlorella* sp. dalam Medium Ekstrak Tauge (MET) dengan Variasi pH Awal. *Jurnal Sains*. Volume 1(9), Pages 1-6.
17. Purnawati, F.S., T.R. Soeprbowati dan M. Izzati. (2012). Potensi *Chlorella vulgaris* *beijerinck* dalam Remediasi Logam Berat Cd dan Pb Skala Laboratorium. *Jurnal Bioma* Volume 16(2), Pages 102-113.
18. Widayani, P., dan D.E.R Sulistya. (2014). Penurunan Kosentrasi Logam Berat Cd dan Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* pada Media Kultur. *Jurnal Ilmiah Bilogi*. Volume 3(2), Pages 10
19. Wiyarsi, A. dan E. Priyambodo. (2013). Pengaruh Konsentrasi Kitosan dari Cangkang Udang terhadap Efisiensi Penyerapan Logam Berat. *Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta*. 27 hlm