Pertumbuhan dan Daya Serap *Chlorella vulgaris* Beyerinck (Beijerinck) 1890 Terhadap Logam Berat Timbal (Pb)

Growth and Lead (Pb) Absorption Rate of *Chlorella vulgaris* Beyerinck (Beijerinck) 1890 in Seawater

Wa Ode Linda Rahayu Anggraini¹⁾, Wa Iba^{2*)}, Sri Ambardini¹⁾, Analuddin¹⁾

¹⁾ Prodi Bioteknologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UHO kendari

²⁾ Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, UHO, Kendari.

Corresponding author^{*)}: wa.iba@uho.ac.id

ABSTRACT

This research aims to determine the growth of *Chlorella vulgaris* (based on specific growth rate and biomass productivity) cultured in walne medium containing different concentration of lead. *C. vulgaris* ability in absorbing lead (Pb) heavy metals was measured. This study used a complete randomized design experiment with the addition of different concentration of lead. Four lead concentrations used were 3, 5, 7 and 9 ppm. Microalgae was cultured for 8 days at 30 psu and 12:12 photoperiod. Increasing density was calculated every other day. Microalgae was harvested by using 1 M NaOH solution to obtain cell biomass. The lead absorption of *C. vulgaris* was read using an atomic absorption spectrophotometer. Cell density, specific growth rate and biomass productivity were the highest at 3 ppm and the lowest at 9 ppm. Better lead absorption of *C. vulgaris* cells was observed at 5 ppm than other concentration tested. This research confirmed that *C. vulgaris* can be used as bioremediation agent to lead contamination in sea water up to concentration of 9 ppm and therefore maybe used in waste water treatment system to remove lead.

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

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan *C. vulgaris* (berdasarkan laju pertumbuhan spesifik dan produktivitas biomassa) yang dikultur pada medium yang mengandung logam berat Pb dan kemampuan *C. vulgaris* dalam menyerap logam berat Pb. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen rancangan acak lengkap (RAL) dengan media walne dan penambahan logam berat Pb. Konsentrasi logam berat Pb yang digunakan adalah 3, 5, 7 dan 9 ppm. Mikroalga dikultur selama 8 hari. Nilai kepadatan dihitung 2 hari sekali selama 8 hari. Mikroalga dipanen dengan menggunakan larutan NaOH untuk mendapatkan biomassa selnya. Kemampuan *C. vulgaris* dalam menyerap logam Pb dibaca dengan menggunakan alat spektrofotometer serapan atom. Hasil analisis pertumbuhan sel, laju pertumbuhan spesifik dan produktivitas biomassa yang tertinggi pada konsentrasi 3 ppm dan yang terendah pada 9 ppm. Hasil analisis kemampuan *C. vulgaris* dalam menyerap logam berat Pb yang tertinggi adalah 5 ppm dan yang terendah adalah 9 ppm. Penelitian ini menunjukkan bahwa *C. vulgaris* dapat digunakan sebagai agen bioremediasi untuk penyerapan timbal dalam air laut hingga konsentrasi 9 ppm sehingga dapat digunakan dalam instalasi pengolahan limbah untuk menghilangkan kandungan timbal.

Kata Kunci : *Chlorella vulgaris*, Timbal (Pb), Pertumbuhan, Bioremediasi

DOI: <http://dx.doi.org/10.33772/jsip.v6i1.14992>

PENDAHULUAN

Logam berat merupakan salah satu komponen pencemaran lingkungan perairan. Menurut Akpor & Muchie (2010), kontaminasi logam berat yang ada

diperairan berasal dari limbah rumah tangga, serapan air tanah dan limbah industri. Logam berat yang telah teridentifikasi berada di lingkungan perairan antara lain arsenic (As), copper (Cu), kadmium (Cd), timbal (Pb), kromium (Cr), nikel (Ni), merkuri (Hg)

dan seng (Zn). Timbal dalam lingkungan perairan berasal dari kontaminasi pipa, solder, keran air dan limbah industri yang dibuang ke sungai (Purnamawati *et al.*, 2014). Timbal merupakan salah satu logam berat yang dapat dihasilkan dari emisi kendaraan bermotor dan kegiatan industri (Nindyapuspa & Ni'am, 2017). Berdasarkan PP MenLH 3/2010, nilai maksimal yang diijinkan sebagai ukuran baku mutu air limbah bagi kawasan Industri Pb 1 mg/L.

Tahril & Said (2012), melaporkan kondisi logam Pb pada perairan sungai Palu mencapai 1,43 mg/L. Rosida (2018), dalam penelitiannya menyatakan logam Pb yang telah terakumulasi dalam tubuh ikan juaro (*Pangasius polyuranodon*) mencapai 1.944 mg/kg hingga 2.333 mg/kg yang telah melewati batas baku mutu yang ditetapkan oleh SNI 7387:2009 yaitu 0.4 mg/kg. Organisme akuatik seperti krustasea akan mengalami kematian setelah 245 jam, jika badan air mengandung Pb 2,75-49 mg/L. Biota air lainnya, dari kelompok plankton akan mengalami kematian dalam rentang waktu yang lebih lama antara 168-336 jam, jika air mengandung logam Pb 3,5-64 mg/L (Indriyani *et al.*, 2020).

Mempertimbangkan sifat Pb sebagai agen pencemaran lingkungan perairan, maka limbah yang mengandung Pb perlu dikelola secara benar sebelum dibuang ke lingkungan. Demikian juga dengan lingkungan yang telah tercemari Pb perlu diadakan remediasi untuk mengurangi konsentrasi Pb. Pengembangan metode pengolahan limbah dengan menggunakan agen hayati untuk memperbaiki kualitas lingkungan yang tercemar disebut dengan bioremediasi (Priadi, 2012).

Salah satu agen yang dapat digunakan sebagai bioremediasi lingkungan adalah mikroalga. Mikroalga mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya, karena itu dapat dimanfaatkan sebagai biosorben dalam penanganan kontaminasi logam berat di perairan (Hala *et al.*, 2013). Mikroalga menggunakan limbah sebagai sumber nutrisi dan pendegradasi polutan secara enzimatik, nitrogen dan fosfor yang terkandung dalam limbah tersebut digunakan sebagai sumber karbonnya (Djide *et al.*, 2018). Menurut Rita & Dewi (2015), mikroalga mampu menurunkan konsentrasi logam dari medium dengan cara melalui biosorpsi, adsorpsi dan bioakumulasi. Adsorpsi terjadi melalui dua proses, yakni pertukaran ion dan pengikatan ion logam berat oleh gugus fungsi yang terdapat pada permukaan sel (Rahmadiani & Aunurohim, 2013).

Chlorella sp. mampu menurunkan konsentrasi logam Cd secara maksimal sebesar 30,61% pada perlakuan 1,5702 ppm pada skala laboratorium dengan menguji konsentrasi logam berat Cd air media di awal dan di akhir penelitian (Kusrinah, 2001). Penelitian Syahputra (2008), dalam Purnamawati *et al.*, (2014) mendapatkan bahwa *Chlorella pyrenoidosa* sebanyak 800 mL memiliki efektifitas menurunkan kadar Cu sebesar 0,29 mg/L dengan efisiensi penurunan mencapai 90,97%. Selanjutnya sel akan menyerap unsur logam tersebut sampai pada titik optimal, penyerapan ini dilakukan selama 7 hari. Sedangkan kemampuan *C. vulgaris* untuk menyerap logam Pb belum banyak dilakukan oleh karena itu dalam penelitian ini akan diuji kemampuan *C. vulgaris* dalam menyerap logam berat Pb dalam perairan skala laboratorium.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli - September 2020 yang bertempat di Laboratorium Unit Produktivitas dan Lingkungan Perairan (ProLink), Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo (UHO), Kendari, Sulawesi Tenggara.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air laut, alkohol, tisu, kapas, larutan $Pb(NO_3)_2$, aluminium foil, kertas label, mikroalga *C. vulgaris*, pupuk walne, kertas lakmus, NaOH, asam nitrat (HNO_3), kertas saring, whatman fiber glass.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu botol sampel, lemari asam, haemacitometer, mikroskop cahaya, spektrofotometer serapan atom (AAS), erlenmeyer, *con tainer* 2,5 L, tanur, *autoclave*, lux meter, *hand refraktometer*, cawan petri, *hand counter*, pipet volum, kertas label, tip, oven, kamera digital, spatula, timbangan analitik, pompa vacuum, lampu TL, rak kultur, kaca objek dan kaca penutup, galon, alat tulis.

Desain Eksperimen

Desain eksperimen pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL)

dengan empat perlakuan yaitu penambahan Pb pada konsentrasi 3, 5, 7 dan 9 ppm dan tiga kali ulangan untuk setiap perlakuan (Tabel 3). Kepadatan awal mikroalga *C. vulgaris* dalam setiap perlakuan adalah 10×10^4 sel.mL⁻¹.

Perbanyakan Sel *C. vulgaris*

Perbanyakan sel *C. vulgaris* di dalam rak kultur sebanyak 1000 mL menggunakan botol plastik 1600 mL selama 8 hari. Selanjutnya menghitung kepadatan awal pada hari ke 8 dengan menggunakan *haemocytometer* yang dilengkapi dengan mikroskop dan *hand counter*. Kepadatan sel/ml sampel dihitung dengan persamaan yang mengacu pada Chalid *et al.*, (2011) berikut :

$$\frac{n}{5} \times 10.000 \dots (1)$$

Keterangan:

n = Total sel hasil perhitungan
5 = Jumlah kotak dalam *haemocytometer*
10.000 = Volume kerapatan sel kotak

Setelah melakukan perhitungan kepadatan awal, kemudian melakukan pengenceran. Pengenceran bertujuan untuk mengetahui konsentrasi awal *C. vulgaris* dengan menggunakan rumus pengenceran, sebagai berikut:

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2 \dots \dots (2)$$

Keterangan: V_1 : Volume dari kultur stok mikroalga
 V_2 : Volume kultur mikroalga
 C_1 : Kepadatan kultur stok mikroalga
 C_2 : Konsentrasi kultur yang diinginkan

Kultivasi *C. vulgaris* kedalam Logam Pb(NO₃)₂

Sebelum kultivasi *C. vulgaris* kedalam media walne yang mengandung logam Pb terlebih dahulu dilakukan pengukuran salinitas, pH dan intensitas cahaya. Pembuatan media walne dengan cara mengambil 1 mL stok media walne dan memasukkan kedalam 1000 mL air laut steril. Salinitas diukur dengan menggunakan alat *hand refraktometer*. Pengukuran pH menggunakan kertas lakmus dan intensitas cahaya diukur dengan menggunakan alat lux meter.

Kultur mikroalga *C. vulgaris* menggunakan kepadatan awal 10×10^4 sel.mL⁻¹ dengan volume 1500

mL pada toples plastik 2500 mL. Kultur mikroalga *C. vulgaris* dilakukan dalam air laut dengan salinitas 30 ppt dan pH 8 didalam rak kultur dengan intensitas cahaya $13,03 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$. Selanjutnya menambahkan logam berat Pb pada kultur *C. vulgaris* dengan konsentrasi 3, 5, 7 dan 9 ppm.

Perhitungan Kepadatan *C. vulgaris*

Pengamatan peningkatan kepadatan sel mikroalga *C. vulgaris* setiap 2 hari sekali, yang dimulai dari hari ke-0 sampai hari Ke-8. Perhitungan kepadatan sel *C. vulgaris* menggunakan *haemocytometer* yang dilengkapi dengan mikroskop dan *hand counter*. Cara menghitung kepadatan sel *C. vulgaris* dengan menggunakan *haemocytometer* yaitu mengambil sebanyak 1 mL sampel kultur *C. vulgaris* kemudian meneteskan sampel pada kotak *haemocytometer* dan menutup dengan kaca penutup. Kemudian meletakkan *haemocytometer* di bawah lensa objektif mikroskop dan memfokuskan hingga terlihat kisi-kisi tempat perhitungan sel yang terdiri dari lima kisi perhitungan (Chalid *et al.*, 2011). Selanjutnya melakukan perhitungan kepadatan sel *C. vulgaris* dengan bantuan *hand counter* mengacu pada persamaan (1).

Pemanenan

Pemanenan mikroalga *C. vulgaris* pada fase stasioner yang merupakan fase pertumbuhan mikroalga (Widianingsih *et al.*, 2010). Tahap pengukuran biomassa dilakukan dengan menggunakan kertas *whattman fiber glass* dan alat *vacum pump*. Setelah biomassa mikroalga didapatkan langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian kandungan logam berat Pb dengan pemanenan menggunakan larutan NaOH sebanyak 15 mL yang didiamkan selama 24 jam.

Perhitungan Pertumbuhan dan Produktivitas Biomassa

Perhitungan laju pertumbuhan dilakukan setelah selesai proses pemanenan dimana menghitung laju pertumbuhan ini menggunakan rumus yang mengacu pada persamaan yang dipakai Iba *et al.*, (2018) sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\ln(N_2/N_1)}{T_2-T_1} \dots (3)$$

Keterangan:

μ = Laju pertumbuhan spesifik

$$\begin{aligned} T_2 - T_1 &= \text{Waktu dari N2 ke N1} \\ N1 \text{ dan } N2 &= \text{Jumlah unit pada hari ke-5 dan} \\ &\quad \text{Jumlah unit pada hari ke-7} \\ &\quad \text{pada fase eksponensial} \end{aligned}$$

Perhitungan produktivitas biomassa *C. vulgaris* berdasarkan berat kering biomassa (DW) dan berat kering abu biomassa (AFDW). Untuk mendapatkan nilai DW dengan mengeringkan biomassa 10 mL di dalam oven dengan suhu 100 °C selama 1 jam. Menghitung DW dengan menggunakan rumus yang mengacu pada persamaan yang dipakai Iba *et al.*, (2019) sebagai berikut:

$$DW = \left(\frac{g}{L}\right) \frac{\text{Berat filter dengan biomassa} - \text{Berat filter}}{\text{Volume Sampel}} \dots (4)$$

Untuk mendapatkan nilai AFDW dengan mengeringkan biomassa 10 mL dalam tanur selama 5 jam dengan suhu 450 °C. Untuk menghitung AFDW dapat menggunakan rumus yang mengacu pada persamaan yang dipakai Iba *et al.*, (2019) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} AFDW &= \\ \left(\frac{g}{l}\right) &\frac{\text{Berat filter dengan biomassa kering} - \text{berat setelah pengabuan}}{\text{Volume Sampel}} \\ \dots (5) \end{aligned}$$

Nilai produktivitas biomassa mikroalga menggunakan rumus dengan persamaan yang dipakai Iba *et al.*, (2019) sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas biomassa} = AFDW \times LPS \dots (6)$$

Keterangan:

Produktivitas biomassa ($g \cdot L^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$)

LPS : Laju pertumbuhan spesifik $\text{sel} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$

AFDW : Berat kering bebas abu ($g \cdot L^{-1}$)

Kemampuan Penyerapan Logam Pb

Kemampuan *C. vulgaris* dalam menyerap logam berat Pb diukur pada hari 0 dan hari ke 8 menggunakan alat spektrofotometer serapan atom (AAS) dengan prosedur sebagai berikut:

1. Memanen sampel dilakukan pada hari ke 8 dengan menggunakan NaOH sebanyak 15 mL dan didiamkan selama 24 jam.
2. Memisahkan endapan *C. vulgaris* dan air laut
3. Menyimpan hasil *C. vulgaris* pada cawan petri
4. *C. vulgaris* kemudian diupkan dibawa sinar matahari selama 8 jam dan kemudian

dimasukkan kedalam oven pada suhu 60 °C selama 2 hari

5. Menimbang *C. vulgaris* yang telah dikeringkan dengan menggunakan timbangan analitik sebanyak 0,3 g.
6. Memasukkan *C. vulgaris* sebanyak 0,3 g kedalam erlenmeyer 25 mL dan menambahkan 5 mL asam nitrat (HNO_3), sampel kemudian ditutup dengan menggunakan penutup kaca.
7. Mendetruksi sampel *C. vulgaris* dengan menggunakan *hote plate* pada suhu 90°C selama 14 hari hingga larutan menjadi bening. Pemanasan dilakukan pada lemari asam
8. Mendinginkan *C. vulgaris* yang telah bening pada suhu ruang.
9. Memindahkan sampel kedalam beker 10 mL dan menutup sampel dengan menggunakan penutup beker
10. Menambahkan 5 mL asam nitrat (HNO_3) kedalam sampel
11. Menyimpan sampel *C. vulgaris* pada refrigerator pada suhu 4°C
12. Pembacaan kemampuan *C. vulgaris* dalam menyerap logam berat Pb dengan menggunakan alat spektrofotometer serapan atom (AAS)
13. Perhitungan konsentrasi unsur logam didalam sampel *C. vulgaris* dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$C_{\text{real}} = \frac{C_{\text{ins}} \times V \times D}{m} \dots (7)$$

Keterangan:

C_{real} = Konsentrasi unsur logam per berat kesing sampel (mg/kg)

C_{ins} = Konsentrasi unsur logam yang terbaca pada AAS ($\mu\text{g/mL}$)

V = Volume sampel (mL)

D = Delution (mL)

M = Berat sampel yang digunakan (mg)

Analisis Data

Pertumbuhan mikroalga dianalisa menggunakan *Repeated Measures ANOVA (analysis of variance)* sedangkan laju pertumbuhan spesifik, DW, AFDW, produktivitas biomassa dan kemampuan penyerapan logam pada jenis mikroalga menggunakan *analysis*

of variance (ANOVA). Melanjutkan dengan uji Duncan apabila hasil berbeda nyata ($p < 0.05$) menggunakan bantuan aplikasi SPSS versi 22.0. Sedangkan untuk penyajian grafik menggunakan Sigma Plot 14.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pertumbuhan Mikroalga *C. vulgaris*

Pengamatan pertumbuhan *C. vulgaris* dilakukan setiap dua hari sekali hingga hari ke 8, dengan tujuan untuk mengetahui fase-fase pertumbuhan *C. vulgaris* yang dikultur dengan penambahan konsentrasi logam berat Pb 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm dan 9 ppm. Pengamatan pertumbuhan *C. vulgaris* dapat dilihat pada Gambar 1.

Kurva pertumbuhan dibuat berdasarkan kepadatan jumlah populasi sel *C. vulgaris* selama 8 hari (hari ke-0 hingga hari ke-8). Berdasarkan Gambar 1 terlihat pada penelitian ini terjadi tiga fase pertumbuhan, yaitu fase eksponensial, fase stasioner dan fase kematian. Pada penelitian ini tidak terdapat fase adaptasi, yang dikarenakan pada proses perbanyakan sel *C. vulgaris* media yang sama yang digunakan pada saat perlakuan. Kemampuan tumbuh sel *C. vulgaris* pada penelitian ini disebabkan oleh kandungan nitrat pada logam berat Pb nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$). Hal ini sejalan dengan Fakri *et al.*, (2020) yang menyatakan bahwa nitrat adalah sumber nitrogen utama yang diasimilasi oleh mikroalga untuk mempercepat proses pembelahan sel.

Berdasarkan Gambar 1 fase kematian pada perlakuan ini hanya terjadi pada perlakuan konsentrasi logam Pb 9 ppm yang terjadi pada hari ke-8. Perubahan kondisi lingkungan, kekurangan nutrisi dan akumulasi racun akibat metabolisme mikroalga menyebabkan mulai terjadinya kematian (Musdalifah *et al.*, 2015). Berdasarkan Gambar 6 *C. vulgaris* pada hari ke-8 dengan konsentrasi logam berat Pb 3 ppm, 5 ppm 7 ppm masih mengalami fase stasioner, hal ini dikarenakan *C. vulgaris* masih mampu mentoleransi Pb. Namun pada konsentrasi 9 ppm pada hari ke-8 mengalami fase kematian. Hal ini sejalan dengan pernyataan Nisak *et al.*, (2013) yang menyatakan bahwa logam berat timbal (Pb) dalam konsentrasi tinggi pada *Chlorella* sp mengakibatkan kematian sel karena Pb merupakan logam non esensial bagi mikroalga *Chlorella* sp.

Gambar 1. Pertambahan kepadatan sel *C. vulgaris* dalam skala logaritma selama 8 hari penelitian (rata-rata jumlah sel $\pm$ SE) yang dikultur dalam media yang mengandung konsentrasi Pb yang berbeda (ppm)

B. Laju Pertumbuhan Spesifik Mikroalga *Chlorella vulgaris*

Nilai rata-rata laju pertumbuhan spesifik *C. vulgaris* tertinggi berada pada perlakuan 3 ppm Pb yaitu $1,03 \text{ sel.hari}^{-1}$, selanjutnya perlakuan 5 ppm Pb yaitu $1,01 \text{ sel.hari}^{-1}$, kemudian perlakuan 7 ppm Pb yaitu $0,92 \text{ sel.hari}^{-1}$ dan untuk nilai rata-rata laju pertumbuhan spesifik *C. vulgaris* terendah berada pada perlakuan perlakuan 9 ppm Pb yaitu $0,85 \text{ sel.hari}^{-1}$ (Gambar 2)

Gambar 2. Grafik laju pertumbuhan spesifik sel *C. vulgaris* (Rata-rata $\pm$ SE).

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 2, konsentrasi 5 ppm memiliki laju pertumbuhan spesifik paling tinggi. Hal ini diduga karena pada konsentrasi tersebut memiliki kandungan nitrat pada logam Pb nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) yang sesuai untuk pertumbuhan mikroalga *C. vulgaris* sehingga menghasilkan laju pertumbuhan spesifik yang tinggi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Faktri *et al.*, (2020) bahwa penambahan nitrat dan faktor lingkungan yang sesuai menghasilkan proses fotosintesis yang optimal sehingga dapat meningkatkan laju pertumbuhan yang tinggi.

Laju pertumbuhan spesifik mikroalga dipengaruhi oleh jenis mikroalga, kondisi nutrisi dan lingkungan fotobioreaktor. Nutrien atau unsur hara merupakan parameter penting yang mendukung pertumbuhan mikroalga. Oleh karena itu, pertumbuhan mikroalga sangat dipengaruhi oleh tersedianya nutrisi dalam media khususnya unsur nitrogen pada media kultivasi (Sigalingging *et al.*, 2019). Pengaruh nutrisi terhadap mikroalga ditentukan dengan laju pertumbuhan spesifik mikroalga yang diketahui dari pertambahan densitas mikroalga (Kawaroe *et al.*, 2010). Menurut Rusyani (2012), unsur pokok yang harus tersedia dalam media kultur mikroalga adalah unsur N. Bila nutrisi dan lingkungan berada dalam kondisi suboptimum maka fase eksponensial akan berlangsung singkat, bahkan seringkali fase ini tidak tercapai (dengan kata lain pertumbuhan bersifat linier). Bila nutrisi dan lingkungan tetap dijaga dalam kondisi optimum maka secara teoritis fase eksponensial akan berlangsung terus (Prayitno, 2016).

C. Perhitungan Produksi Biomassa *Chlorella vulgaris*

1. Berat Kering Biomassa

Nilai rata-rata DW pada masing-masing perlakuan tertinggi yaitu perlakuan 3 ppm sebesar $1,530 \text{ g.L}^{-1}$, 5 ppm sebesar $1,347 \text{ g.L}^{-1}$, 7 ppm sebesar $1,250 \text{ g.L}^{-1}$ dan yang terendah pada perlakuan 9 ppm dengan nilai berat kering sebesar 0.863 g.L^{-1} yang (Gambar 3).

Gambar 3. DW *C. vulgaris* (g.L^{-1}) (rata-rata $\pm$ SE). Diagram batang dengan konotasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata

Berdasarkan hasil analisis ragam ANOVA menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi logam berat Pb yang berbeda memberikan pengaruh terhadap DW mikroalga *C. vulgaris*. Hasil analisis statistik melalui uji Duncan pada taraf signifikan ($p < 0.028$) menunjukkan pada perlakuan konsentrasi 9 ppm tidak berbeda nyata dengan 7 ppm, namun berbeda nyata dengan 3 ppm dan 5 ppm.

2. Berat Kering Bebas Abu

Kadar abu dikenal sebagai unsur mineral dalam proses pembakaran, bahan organik terbakar namun zat anorganiknya tidak sehingga disebut abu. Perhitungan kadar abu (AFDW) pada penelitian ini dilakukan dengan memanen mikroalga *C. vulgaris* pada hari ke-8 dengan menggunakan alat pompa vacuum dan mengeringkan menggunakan tanur pada suhu 450°C selama 3 jam. Hal yang sama dilakukan oleh Yulita, (2014) pada penelitiannya dalam menentukan kadar abu, dengan cara membakar semua zat organik pada suhu tinggi dan kemudian melakukan penimbangan zat yang tertinggal setelah proses pembakaran tersebut.

Nilai rata-rata AFDW pada masing-masing perlakuan yang tertinggi yaitu perlakuan 3 ppm sebesar 0.51 g.L^{-1} dan yang terendah pada perlakuan 9 ppm dengan nilai berat kering sebesar 0.16 g.L^{-1} yang dapat dilihat pada (Gambar 4).

Gambar 4. Berat kering bebas abu (g.L⁻¹) (rata-rata $\pm$ SE). Diagram batang dengan konotasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata

3. Produktivitas Biomassa

Nilai rata-rata produktivitas biomassa pada masing-masing perlakuan tertinggi yaitu perlakuan dengan nilai produktivitas biomassa 3 ppm sebesar 0.525 g.L.hari⁻¹ dan yang terendah pada perlakuan 9 ppm dengan nilai produktivitas biomassa sebesar 0.134 g.L.hari⁻¹ (gambar 5).

Perlakuan 9 ppm mendapatkan nilai produktivitas terendah dikarenakan pada hari ke-8 mengalami fase kematian, hal ini sejalan dengan Kasim *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa produktivitas biomassa mikroalga dipengaruhi oleh jumlah sel mikroalga. Junaidi *et al.*, (2014) menyatakan produktivitas biomassa mikroalga sangat dipengaruhi oleh jenis mikroalga, kondisi nutrisi dan lingkungan fotobioreaktor. Komposisi nutrisi yang lengkap dan konsentrasi nutrisi yang tepat menentukan produksi biomassa dan kandungan gizi mikroalga Putri *et al.*, (2013). Faktor lain yang mempengaruhi produktivitas adalah tekanan osmosis, suhu, pH, pencahayaan, laju alir gas CO₂ dan salinitas (Sharma *et al.*, 2012).

Gambar 5. Produktivitas biomassa (g.L.hari⁻¹) (rata-rata $\pm$ SE). Diagram batang dengan konotasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata

D. Kemampuan Daya Serap

Kemampuan daya serap logam berat timbal (Pb) dihitung dengan menggunakan alat spektrofotometer serapan atom (AAS). Perhitungan kadar logam berat Pb dilakukan pada hari ke-0 dan hari ke-8. Hasil perhitungan akumulasi logam berat Pb pada *C. vulgaris* dapat dilihat pada Gambar 6. Konsentrasi logam Pb yang tertinggi pada perlakuan 3 ppm sebesar 0,2235 mg.Kg⁻¹ dan yang terendah adalah 9 ppm dengan nilai 0,1748 mg.Kg⁻¹.

Penyerapan terendah pada 9 ppm dikarenakan pada proses pemanenan *C. vulgaris* hari ke-8, kepadatan sel *C. vulgaris* telah menurun (Gambar 6). Hal ini sejalan dengan pernyataan Utomo *et al.*, (2016), bahwa kepadatan sel mikroalga mempengaruhi kemampuan penyerapan logam berat.

Pada penelitian ini kemampuan *C. vulgaris* dalam menyerap logam berat Pb dipengaruhi oleh kepadatan sel dan produktivitas biomassa. Berdasarkan Gambar 6 pada konsentrasi 3, 5 dan 7 ppm pada hari ke-8 masih mengalami fase stasioner dimana pada fase ini kepadatan sel *C. vulgaris* masih dalam kondisi konstan sehingga akumulasi logam berat Pb lebih efektif dibandingkan pada konsentrasi 9 ppm. Menurut Nisak *et al.*, (2013) bahwa *Chlorella* sp. tidak mempunyai kemampuan untuk meregulasi logam berat timbal (Pb) dalam konsentrasi tinggi, karena logam berat timbal merupakan logam berat non esensial bagi *Chlorella* sp.

Gambar 6. Daya serap (mg.Kg⁻¹) (rata-rata $\pm$ SE). Diagram batang dengan konotasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata

Menurut Pandebesie & Hermana (2001), timbal (Pb) merupakan logam berat non esensial yang mampu berikatan dengan jaringan sel sehingga sel hanya mampu mengekskresikan logam berat timbal (Pb) dengan konsentrasi yang rendah. Hal ini mengakibatkan terjadi akumulasi Pb secara perlahan sampai akhirnya mencapai tingkat yang bersifat racun yang menyebabkan kematian sel.

KESIMPULAN

C. vulgaris mampu tumbuh pada media walne dengan penambahan logam berat Pb pada konsentrasi 3, 5, 7 dan 9 ppm, dengan rata-rata kepadatan sel pada fase stasioner yang berbeda. Kepadatan tertinggi pada perlakuan 3 ppm dan yang terendah pada perlakuan 9 ppm; Nilai laju pertumbuhan spesifik *C. vulgaris* dan nilai produktivitas biomassa *C. vulgaris* yang dikultur dengan menggunakan media walne dan penambahan logam berat Pb yang tertinggi pada perlakuan 3 ppm dan yang terendah pada perlakuan 9; Kemampuan *C. vulgaris* menyerap logam berat Pb pada penelitian ini yang tertinggi pada perlakuan 5 ppm dan yang terendah pada perlakuan 9 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

Akpor OB, Muchie M. 2010. Remediation of heavy metals in drinking water and wastewater treatment systems: processes and applications.

- International Journal of Physical Sciences. 5 (12): 1807–1817.
- Djide MN, Ibrahim R, Mangindara A. 2018. Studi pemanfaatan fitoplankton (*Chlorella* sp) dalam mengurangi kadar logam berat merkuri (Hg) di laut. Unhas Repository 411.
- Fakri M, Antika PW, Ekawati AW. Arifin NB. 2020. Pertumbuhan, kandungan pigmen, dan protein *Spirulina plantensis* yang dikultur pada Ca(NO₃)₂ dengan dosis yang berbeda. Jurnal Aquaculture and Fish Healthy. 9 (1): 38-47.
- Hala Y, Suryati E, Taba P. 2013. Biosorpsi campuran logam Pb²⁺ dan Zn²⁺ oleh *Chaetoceros calcitrans*. Jurnal Chemistry. 5 (2): 86–92.
- Indriyani L, Deniyatno, Bana S, Surya RA, Teke J. 2020. Environmental quality analysis in Kendari Bay in terms of heavy metal pollutants : Pb, Cu and Zn. Journal Geo Eco. 6 (1): 12-27.
- Junaidi AB, Zulfikurrahman, Abdullah, Gunawan. 2014. Ekstraksi lipid dari biomassa *Synechococcus* sp. dengan metode osmotic shock. Jurnal Sains dan Terapan Kimia. 8 (2): 94-102.
- Kasim S, Taba P, Raya I. Ruslan. 2017. Potensi produksi biofuel dari biomassa fitoplankton laut spesies *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina* dan *Spirulina Sp.*, yang ditumbuhkan dalam nutrien unggul “Mssip” terinduksi ion logam Fe, Co, dan Ni. Jurnal Kovalen. 3 (1): 89-111
- Kawaroe M, Prartono T, Sanuddin A, Wulansari D, Augustine D. 2010. Mikroalga potensi dan pemanfaatannya untuk produksi bio bahan bakar (I. Press (Ed.)). Desember 2010. Lampung.
- Kusrinah. 2001. Penurunan konsentrasi logam berat kadmium (Cd) air laut oleh *Chlorella* Sp. pada skala laboratorium. [Skripsi]. Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Diponegoro.
- Musdalifah, Rustam Y, Amini S. 2015. Kultivasi dan ekstraksi minyak dari mikroalga *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* sp. Jurnal Bioma. 11 (1): 1–14. [https://doi.org/10.21009/Biomal1\(2\).1](https://doi.org/10.21009/Biomal1(2).1)
- Nindyapusp A, Ni'am AC. 2017. Distribusi logam berat timbal di perairan laut kawasan pesisir gresik. Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan. 3 (1): 1-5. <https://doi.org/10.29080/Alard.V3i1.254>
- Nisak K, Rahardja BS, Masithah ED. 2013. Studi perbandingan kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. sebagai agen bioremediasi

- terhadap logam berat timbal (Pb). Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan. 5 (2): 175–180.
- Pandebesie SE, Hermana J. 2001. Inhibisi kadmium terhadap pertumbuhan algae hijau (*Chlorella* sp.). Jurnal Purifikasi. 2: 301-306.
- Prayitno J. 2016. Pola pertumbuhan dan pemanenan biomassa dalam fotobioreaktor mikroalga untuk penangkapan karbon. Jurnal Teknologi Lingkungan. 17 (1): 45–52.
- Priadie B. 2012. Teknik bioremediasi sebagai alternatif dalam upaya pengendalian pencemaran air. Jurnal Ilmu Lingkungan. 10 (1): 38. <https://doi.org/10.14710/Jil.10.1.38-48>
- Purnamawati FS, Soeprbowati TR, Izzati M. 2014. Potensi *Chlorella vulgaris* Beijerinck dalam remediasi logam berat Cd skala laboratorium. Bioma: Berkala Ilmiah Biologi. 16(2): 102. <https://doi.org/10.14710/Bioma.16.2.102-113>
- Putri BHAV, Maharani HW. 2013. Pemanfaatan air kelapa sebagai pengkaya media pertumbuhan mikroalga *Tetraselmis* Sp. Prosiding Semirata Fmipa Universitas Lampung. 135-142.
- Rahmadiani WDD, Aunurohim A. 2013. Bioakumulasi logam berat kadmium (Cd) oleh *Chaetoceros calcitrans* pada konsentrasi sublethal. Jurnal Sains dan Seni Pomits. 2 (2): 1-7. <https://doi.org/10.1021/Jp902634h>
- Rita E, Dewi S. 2015. Respon Penurunan Konsentrasi Logam Berat Kromium (Cr) dan Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris* pada Media Kultur. 117–121. (lengkapi nama jurnal)
- Rosida II. 2018. Kandungan Logam Berat Pb pada Air, Sedimen, dan Daging Ikan Juaro (*Pangasius polyuranodon* Blkr) Di Perairan Sungai Siak Desa Teluk Mesjid Kecamatan Sungai Apit Provinsi Riau. Skripsi.(lengkapi keterangan universitas)
- Rusyani E. 2012. Molase sebagai sumber mikro nutrient pada budidaya *Phytoplankton Nannochloropsis* sp. salah satu alternative pemanfaatan hasil samping pabrik gula. [Skripsi]. Lampung: Ilmu Lingkungan Universitas Lampung.
- Sharma K, Schuhmann H, Schenk PM. 2012. High lipid induction in microalgae for biodiesel production. Energies. 5 (5): 1532-1553.
- Sigalingging FA, Padil, Muria SR. 2019. Kultivasi mikroalga menggunakan media AF6 berdasarkan perbedaan volume solution A media AF6. Jurnal Jom Fteknik. 6 (1): 247-255.
- Syahputra B. 2008. Pemanfaatan Algae *Chlorella pyrenoidosa* untuk Menurunkan Tembaga (Cu) pada Industri Pelapisan Logam <http://smk3ae.wordpress.com/2008/05/09/pemanfaatan-algae-chlorella-pyrenoidosa-untuk-menurunkan-tembaga-cu-pada-industri-pelapisan-logam> (lengkapi tanggal akses)
- Tharil, Said I. 2012. Analisis logam timbal (Pb) dan besi (Fe) dalam air laut di wilayah pesisir pelabuhan ferry taipa kecamatan Palu Utara. Jurnal Akademika Kimia. 1 (4): 181-186.
- Utomo HD, Tan KXD, Choong ZYD, Yu JJ, Ong JJ, Lim ZB. 2016 Biosorption of heavy metal by algae biomass in surface water. Journal of Environmental Protection. 7: 1547-1560
- Yulita E. 2014. Pemanfaatan limbah cair industri karet remah sebagai media pertumbuhan *chlorella vulgaris* untuk pakan alami ikan. Jurnal Dinamika Penelitian Industri. 25 (1): 1–11.