

## Cell Density Of Microalgae *Tetraselmis chuii*, With Lead Acetate Compound ( $Pb(CH_3COO)_2$ ) at Different Concentrations

(Kepadatan Sel Mikroalga *Tetraselmis Chuii* Dengan Pemberian Senyawa Timbal Asetat ( $Pb(CH_3COO)_2$ ) Pada Konsentrasi Yang Berbeda)

Nurfadillah Kadang<sup>1</sup>, Kurniati Kemer<sup>\*2</sup>, Desy M.H Mantiri<sup>2</sup>, Erly Yosef Kaligis<sup>2</sup>, Natalie D.C. Rumampuk<sup>2</sup>, Wilmy E. Pelle<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Marine Science Study Program, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Sam Ratulangi University, Manado 95115 North Sulawesi, Indonesia

<sup>2</sup>Teaching Staff of the Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Sam Ratulangi University Jl. Unsrat Bahu Campus, Manado 95115 North Sulawesi, Indonesia

\*Corresponding author: [kurnikemer@unsrat.ac.id](mailto:kurnikemer@unsrat.ac.id)

Manuscript received: 24 July 2023. Revision accepted: 5 June 2024

### Abstract

Microalgae are a group of microscopic plants, included in the algae class, with a diameter of between 3-30  $\mu\text{m}$ , single cells, and colonies that can live in all areas of fresh water and seawater. Microalgae contain active components that can be used in the cosmetic, food, pharmaceutical, and nutraceutical industries. This study aimed to determine the density of marine microalgae *Tetraselmis chuii* cells in culture media before treatment and to determine the density of *T.chuii* microalgae cells by administering lead acetate compounds at different concentrations. The method used in this study was culturing marine microalgae cells in balanced containers with lead acetate administration at concentrations of 30 ppm, 50 ppm, and 70 ppm, then observations were made by counting the number of cells under an Olympus microscope with 10x magnification using a hemocytometer. Observations were made every day at the same hour until the death phase. Microalgae culture uses a Light Emitting Diode (LED) lamp with 6,840 lux lighting. The results showed that the growth of *T.chuii* microalgae cells after administration of lead acetate compound showed unstable growth compared to the untreated container (control).

**Keywords:** Microalgae; *Tetraselmis chuii*; Culture; Lead Acetate.

### Abstrak

Mikroalga merupakan kelompok tumbuhan yang berukuran sangat kecil termasuk dalam kelas alga, memiliki diameter antara 3-30  $\mu\text{m}$  baik sel tunggal maupun koloni yang dapat hidup di seluruh wilayah perairan air tawar maupun air laut. Mikroalga mengandung komponen aktif yang dapat digunakan dalam bidang industri kosmetik, makanan, farmasetika dan nutrasetikal. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kepadatan sel mikroalga laut *Tetraselmis chuii* dalam media kultur sebelum perlakuan dan mengetahui kepadatan sel mikroalga *T.chuii* dengan pemberian senyawa timbal asetat pada konsentrasi yang berbeda. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu mengkultur sel mikroalga laut pada wadah terkontrol dengan pemberian timbal asetat pada konsentrasi 30 ppm, 50 ppm, 70 ppm, kemudian dilakukan pengamatan melalui perhitungan jumlah sel di bawah mikroskop olympus dengan pembesaran 10x menggunakan haemocytometer. Pengamatan dilakukan setiap hari pada jam yang sama sampai pada fase kematian. Kultur mikroalga menggunakan lampu Light Emitting Diode (LED) dengan pencahayaan 6.840 lux. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan mikroalga mikroalga *T.chuii* mengalami penurunan sel secara signifikan setelah pemberian senyawa timbal asetat dibandingkan dengan kontrol yang tidak diberi perlakuan.

**Kata kunci:** Mikroalga; *Tetraselmis chuii*; Timbal Asetat.

### PENDAHULUAN

Mikroalga adalah kelompok tumbuhan berukuran sangat kecil yang

termasuk dalam kelas alga. Ukuran mikroalga bervariasi antara 3 hingga 30  $\mu\text{m}$ , baik sel tunggal maupun koloni yang ditemukan di seluruh wilayah perairan air

tawar maupun air laut. Secara ekologi, mikroalga berfungsi sebagai sumber makanan dan produsen primer dalam ekosistem laut (Bowale dkk, 2017). Selain berperan dalam rantai makanan, mikroalga juga merupakan bahan organik dalam sedimen laut dan dianggap sebagai salah satu komponen minyak di dasar laut (Kawaroe dkk, 2010). Mikroalga memiliki kandungan komponen aktif yang bermanfaat dalam berbagai industry, seperti kosmetik, makanan, farmasi, dan nutrasetika. *T.chuii* merupakan jenis dari kelas *Chlorophyceae* yang dapat digunakan sebagai pakan dalam budidaya. Kelebihan *T.chuii* antara lain ketersediaannya secara alami di alam dan ukurannya yang sesuai bukaan mulut larva. Selain itu, *T.chuii* juga dapat digunakan sebagai bioindikator untuk menentukan kualitas suatu perairan (Ferianita dkk, 2005).

Mikroalga ini mampu berkembang biak di lingkungan yang terkontaminasi logam berat seperti timbal, dan memiliki toleransi terhadap faktor lingkungan seperti suhu, cahaya, salinitas dan pH (Maisyara, 2019). Timbal asetat merupakan senyawa kimia yang terbentuk dari kombinasi antara timbal dan asetat. Timbal asetat memiliki efek beracun pada manusia dan lingkungan. Paparan jangka panjang atau konsentrasi tinggi dapat menyebabkan keracunan dari timbal, yang berdampak negatif pada sistem saraf, ginjal dan organ tubuh lainnya (Jannah dkk. 2019). Timbal asetat mudah larut dalam air sehingga dapat digunakan sebagai perantara untuk melihat pengaruh timbal terhadap mikroalga. Berdasarkan latar belakang di atas, maka dalam penulisan ini penulis mempelajari kepadatan sel mikroalga *T.chuii* dengan pemberian timbal asetat pada konsentrasi yang berbeda.

## METODE PENELITIAN

Mikroalga *T.chuii* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Balai Besar Perikanan Budidaya Jepara dan kemudian dibawa di Laboratorium Biologi Molekuler dan Farmasetika Laut, FPIK UNSRAT. Kultur mikroalga ini menggunakan empat Erlenmeyer dengan

volume 1000 ml sebagai wadah kultur, diisi dengan 1000 ml air laut yang telah disaring. Setelah itu, dilakukan sterilisasi dalam autoclave selama 20 menit pada suhu 121°C. Mikroalga

*T. chuii* kemudian ditambahkan ke dalam erlenmeyer yang sudah berisi air laut sebanyak 1000 µl, diikuti dengan penambahan media walne sebanyak 1000 µl sebagai sumber nutrisi bagi mikroalga. Proses kultur mikroalga dilakukan selama 8 hari dalam ruangan tertutup dengan pencahayaan sebesar 6.840 lux, suhu ruangan 24°C dan salinitas 30 ppt. Pertumbuhan awal mikroalga dihitung setiap hari menggunakan haemocytometer dengan 5 kali pengambilan sampel untuk mengamati kepadatan selnya.

Selanjutnya mikroalga yang sedang dikultur ini diberikan perlakuan menggunakan tiga konsentrasi berbeda, yaitu 30 ppm, 50 ppm, dan 70 ppm. Setelah perlakuan diberikan, sampel tersebut dimasukkan kembali ke dalam lemari kultur dan diamati kepadatan selnya selama 18 hari pada waktu yang sama. Penentuan konsentrasi studi pendahuluan yang diawali dengan konsentrasi 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga dan mulai berpengaruh pada konsentrasi 30 ppm (Balaira dkk.,2017).

## Analisis Data

Penjumlahan individu dalam suatu populasi dapat diestimasi dengan mengukur kepadatan (Krebs,1989). Kepadatan adalah besarnya populasi dalam suatu unit ruang dinyatakan dalam sejumlah individu dari populasi dalam suatu unit (Odum, 1971).Kepadatan sel mikroalga dihitung dengan menggunakan haemocytometer. Dalam haemocytometer atau ruang hitung terdiri dari 9 kotak besar dengan luas 1 mm<sup>2</sup>. Satu kotak besar di tengah, dibagi menjadi 25 kotak sedang dengan panjang 0,2 mm. Satu kotak sedang dibagi menjadi 16 kotak kecil, dengan demikian satu kotak besar tersebut berisi 400 kotak kecil. Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah ke dalam Microsoft Excel. Proses ini bertujuan untuk

mendapatkan hasil dan grafik yang menggambarkan kepadatan sel mikroalga.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengamatan Awal Kultur

Dalam penelitian ini, kepadatan mikroalga *T.chuui* diamati tanpa pemberian senyawa timbal asetat sebagai kontrol.

Pengamatan dilakukan hingga mencapai fase eksponensial pada hari ke 8. Grafik 1 menunjukkan bahwa terjadi pembelahan sel, dimana kepadatan sel meningkat seiring waktu. Pada hari pertama, jumlah rata-rata sel  $1.4 \times 10^4$  sel/ml, sedangkan pada hari kedelapan jumlah rata-rata sel  $6.8 \times 10^4$  sel/ml.



Gambar 1. Kepadatan Sel *Tetraselmis chuui*

Pada hari pertama hingga hari ke-3, pengamatan pertumbuhan kepadatan sel mikroalga *T.chuui* menunjukkan bahwa sel mengalami proses metabolisme dan penyesuaian sebelum terjadi pembelahan sel. Pada hari keempat, sel mulai memasuki fase pembelahan. Mikroalga tersebut menggunakan nutrisi yang tersedia dalam media walne yang diberikan pada wadah kultur, sehingga pertumbuhan sel secara perlahan mulai meningkat. Pembelahan sel setiap hari mengalami peningkatan hingga memasuki fase eksponensial pada hari ke 8, kemudian dilanjutkan dengan perlakuan timbal asetat. Dari hasil pengamatan awal kultur, fase eksponensial berbeda pada penelitian Sanep dkk., (2023) dimana fase tersebut terjadi pada hari ke 11. Menurut Tewel dkk., (2021), fase pertumbuhan tertinggi pada mikroalga berada pada hari ke 9, sedangkan fase eksponensial dalam penelitian Tamalonggehe dkk. (2020), berada pada hari ke 7 dalam wadah kontrolnya. Perbedaan dalam fase eksponensial terjadi karena setiap

mikroalga mengalami masa penyesuaian yang berbeda untuk beradaptasi, sedangkan dalam mencapai fase pertumbuhan eksponensial dilihat tergantung pada kondisi lingkungan yang diberikan dalam media kultur mikroalga.

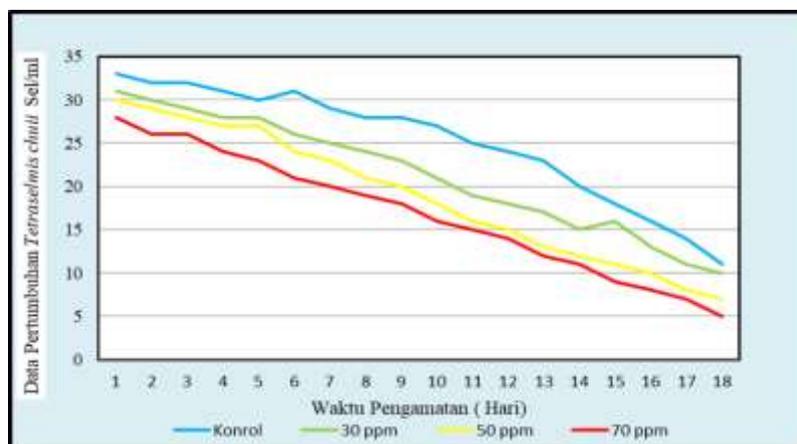
### Pemberian Senyawa Timbal Asetat

Kurva pertumbuhan mikroalga *T.chuui* berdasarkan pada konsentrasi 30 ppm, 50 ppm dan 70 ppm tampak pada Gambar 2.

Berdasarkan grafik yang ditampilkan, terlihat bahwa mikroalga *T.chuui* yang diberi perlakuan senyawa timbal asetat mengalami penurunan jumlah sel yang berbeda dibandingkan dengan wadah kontrol. Penurunan jumlah sel mulai terjadi sejak awal pengamatan setelah pemberian perlakuan timbal asetat dengan tiga konsentrasi yang berbeda, yaitu 30 ppm, 50 ppm, dan 70 ppm. Pada hari pertama, jumlah sel pada konsentrasi 30 ppm adalah  $6.2 \times 10^4$  sel/ml, konsentrasi 50 ppm adalah  $6 \times 10^4$  sel/ml, dan pada konsentrasi 70 ppm adalah  $5.6 \times 10^4$  sel/ml. Sementara itu, wadah kontrol memiliki

jumlah sel sebesar  $6.6 \times 10^4$  sel/ml. Pertumbuhan sel mikroalga *T.chuii* yang diberi perlakuan timbal asetat mengalami penurunan yang cukup drastis karena adanya pemberian konsentrasi senyawa

timbal asetat yang bersifat toksik terhadap mikroalga, serta nutrient pada wadah kultur mulai berkurang sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan sel mikroalga tersebut.



Gambar 2. Pertumbuhan *Tetraselmis chuii* saat pemberian perlakuan

### Kontrol

Hasil pengamatan pada wadah kontrol (tanpa perlakuan) menunjukkan mikroalga *T. chuii* berbeda seperti pertumbuhan mikroalga pada umumnya, dimulai dari laju pertumbuhan yang baik dikarenakan sel dapat bereproduksi dengan cepat hingga mencapai pertumbuhan kepadatan yang relatif tinggi karena adanya nutrisi dari media walne yang tersedia dalam wadah kultur.

Kepadatan sel mikroalga *T.chuii* pada hari pertama sampai pada hari terakhir pengamatan mengalami penurunan sel secara perlahan-lahan. Penurunan pertumbuhan sel dapat dilihat karena rata-rata jumlah sel pada hari pertama yaitu  $6.6 \times 10^4$  sel/ml dan pada hari ke 18 dengan jumlah rata-rata sel  $2.2 \times 10^4$  sel/ml.

### Timbal Asetat Konsentrasi 30 ppm

Pengamatan yang dilakukan pada mikroalga dengan pemberian timbal asetat konsentrasi 30 ppm menunjukkan adanya penurunan signifikan dalam pertumbuhan mikroalga. Jumlah sel diketahui menggunakan haemocytometer, dengan jumlah rata-rata sel pada hari pertama sebesar  $6.2 \times 10^4$  sel/ml, dan pada hari terakhir jumlah rata-rata sel turun menjadi  $2 \times 10^4$  sel/ml. Menurut Lamohammd

dkk.(2021), penurunan jumlah kepadatan sel mikroalga yang diberi perlakuan konsentrasi 30 ppm timbal asetat hal yang wajar terjadi. Hal ini disebabkan oleh pemberian timbal asetat dalam wadah kultur, yang mempengaruhi pertumbuhan sel mikroalga hingga mencapai fase kematian.

### Timbal Asetat Konsentrasi 50 ppm

Pemberian senyawa timbal asetat pada wadah ketiga dengan konsentrasi 50 ppm mengakibatkan penurunan yang drastic dalam jumlah sel. Dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi 30 ppm, penurunan jumlah sel ini jauh lebih signifikan. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan konsentrasi timbal asetat yang diberikan, yang dapat secara efektif menghambat pertumbuhan mikroalga *T.chuii*. Lamohammad dkk. (2021), menyatakan bahwa apabila semakin besar pemberian konsentrasi pada mikroalga maka semakin besar pula tingkat kematian yang terjadi pada pertumbuhan mikroalga. Sedangkan pada penelitian Kemer dkk.,(2020) bahwa pengamatan menggunakan Transmission electron mikroskop (TEM) menunjukkan adanya kerusakan sel pada mikroalga

Dunaliella sp. dengan pemberian timbal asetat konsentrasi 50 ppm.

#### Timbal Asetat Konsentrasi 70 ppm

Pada wadah keempat, ketika diberikan dengan konsentrasi yang cukup besar, yaitu 70 ppm, terlihat bahwa pertumbuhan sel mikroalga mengalami penurunan yang hampir sebanding dengan perlakuan konsentrasi 50 ppm. Penurunan pertumbuhan ini jelas terlihat karena pada hari pertama pengamatan, rata-rata jumlah sel  $5.6 \times 10^4$  sel/ml, namun pada pengamatan terakhir, sel mengalami penurunan jumlah sel yang signifikan, mencapai rata-rata sel  $1 \times 10^4$ . Menurut Kusuma dan Zulaika (2014), jika jumlah zat beracun masuk ke dalam sel sangat tinggi dan tidak lagi dapat lagi diikat oleh pengikat, maka sel tidak dapat menetralkan sifat racun tersebut. Dampaknya adalah terjadi kerusakan pada sistem tubuh

organisme, termasuk gangguan pertumbuhan dan perkembangan, kelainan pada sel atau organel sel, serta kerusakan fungsi organel sel.

#### Pengukuran Kualitas Air

Pengukuran kualitas air pada wadah kultur mikroalga *T. chuii* menunjukkan bahwa parameter suhu, salinitas, pH dan cahaya berada pada kisaran optimal seperti pertumbuhan mikroalga pada umumnya. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan laju pertumbuhan pada mikroalga *T.chuii* bukan berasal dari faktor suhu, salinitas, pH dan cahaya melainkan nutrisi yang ada pada wadah yang mulai berkurang serta pengaruh logam timbal yang diberikan dengan konsentrasi yang berbeda. Penurunan juga bisa terjadi karena penyebab lainnya lihat Tabel 1.

Tabel 4. Analisis Faktor IFAS dan EFAS

No.	Parameter Kualitas Air	Hasil Pengukuran	Kisaran Optimal
1.	Suhu	24°C	15-25°C (Sutherland dkk, 2015)
2.	Salinitas	30 ppt	25-35 ppt ((Adi dkk, 2002)
3.	Derajat Keasaman	7	7-8 Adi dkk. (2020)
4.	Cahaya	8.640 Lux	4500-8000 Lux (Adi dkk, 2002)

#### Pembahasan

Kepadatan sel mikroalga merupakan salah satu ukuran atau parameter pertumbuhan yang bisa dijadikan sebagai acuan untuk menentukan pertumbuhan mikroalga. Pada awal pengamatan kepadatan sel mikroalga diamati setiap hari dengan 5 kali pengambilan sampel pada hari yang sama. Pengamatan sebelum perlakuan senyawa timbal asetat dilakukan selama 8 hari. Mikroalga mengalami fase lag pada hari ke 1 sampai pada hari ke 3 dimana mikroalga beradaptasi dengan lingkungannya. Menurut Negara dkk. (2019) mikroalga *T. chuii* dapat beradaptasi selama 1-3 hari dan apabila masa adaptasi mikroalga lama maka itu disebabkan karena harus menyesuaikan dengan nutrisi yang ada. Data pengamatan yang diperoleh bahwa fase lag yang terjadi pada mikroalga *T. chuii* sesuai dengan pendapat

Negara dkk. (2019). Pertumbuhan mikroalga ini mengikuti pola umum pada mikroalga. Mulai dari hari ke-4 hingga ke-7, pertumbuhan tetap relative stabil karena nutrisi yang ada di dalam wadah telah dimanfaatkan. Setelah itu, pada hari ke-8, mikroalga memasuki fase eksponensial, di mana laju pertumbuhan dan kepadatan sel *T.chuii* meningkat secara signifikan. Kemudian, dilakukan perlakuan dengan pemberian senyawa timbal asetat pada konsentrasi yang berbeda, yaitu 30 ppm, 50 ppm, 70 ppm, dan kontrol. Observasi dilakukan selama 18 hari untuk melihat laju pertumbuhan dan kepadatan sel dari setiap konsentrasi perlakuan yang diberikan. Menurut Simanjuntak dkk., (2016) bahwa pemberian logam berat dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kepadatan sel mikroalga salah satunya senyawa merkuri ( $HgCl_2$ ) pada konsentrasi

yang rendah yaitu 2 ppm mengalami kematian yang signifikan. Dibandingkan dengan pemberian senyawa timbal asetat pada konsentrasi 30 ppm baru dapat mempengaruhi kematian sel mikroalga.

Fase pertumbuhan eksponensial pada kontrol dimulai sejak awal pengamatan bersamaan dengan perlakuan. Pengamatan dilakukan setiap hari bersamaan dengan tiga perlakuan konsentrasi lainnya. Pertumbuhan kepadatan sel mikroalga *T. chunii* pada wadah kontrol memasuki fase dimana laju pertumbuhan sel mulai menurun disebabkan oleh beberapa faktor seperti kekurangan nutrisi dan adanya kontaminasi terhadap lingkungan sekitar. Pertumbuhan pada wadah yang tidak diberi perlakuan memasuki fase kematian dimana sel pada mikroalga mengalami tingkat kematian dengan jumlah rata-rata sel pada fase tersebut sangat sedikit yaitu  $1.4 \times 10^4$  sel/ml dibandingkan dengan laju produksinya. Perbedaan pada penelitian jeheskiel dkk., (2022), menunjukkan bahwa jenis mikroalga *Chlorella vulgaris* pada fase kematian hari ke 20 dengan jumlah rata-rata sel  $6 \times 10^4$ .

Pada wadah yang diberikan perlakuan timbal asetat dengan konsentrasi 30 ppm memberikan pengaruh terhadap kepadatan mikroalga *T. chunii* dimana pada hari ke 1 sampai hari ke 10 pertumbuhan kepadatan sel mikroalga mengalami penurunan secara perlahan-lahan dengan angka kematian yang sedikit, namun pada saat memasuki hari ke 11 sampai hari ke 18 pertumbuhan mikroalga mulai mengalami penurunan yang cukup banyak diakibatkan oleh berkurangnya nutrisi serta sifat beracun dari senyawa timbal asetat terhadap mikroalga.

Wadah ketiga yang diberi konsentrasi 50 ppm menunjukkan bahwa pemberian perlakuan dapat mempengaruhi laju pertumbuhan dan kepadatan sel mikroalga mulai dari hari ke 1 sampai hari ke 8 kepadatan sel mikroalga mengalami penurunan yang cukup stabil dengan jumlah kematian cukup sedikit. Kemudian pada hari ke 9 sampai hari ke 18 kepadatan sel mikroalga pada data pengamatan

mengalami fase penurunan laju pertumbuhan kemudian memasuki fase kematian disebabkan oleh sifat toksik dari senyawa timbal asetat.

Pada wadah terakhir yang diberikan perlakuan timbal asetat konsentrasi yang cukup tinggi yaitu 70 ppm, menunjukkan penurunan jumlah yang sangat drastis dibandingkan dengan konsentrasi 30 ppm dan 50 ppm. Data pengamatan yang diperoleh, jumlah kepadatan sel yang diamati dari pertama sampai pada hari ke 7 jumlah kepadatan sel mikroalga perlahan-lahan mengalami penurunan. Pada hari ke 9 sampai hari ke 18, terjadi penurunan yang drastis hingga mencapai fase kematian mikroalga *T. chunii* dalam jumlah yang relatif banyak. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian timbal asetat dengan konsentrasi tinggi memiliki dampak yang signifikan terhadap kematian sel mikroalga. Penurunan jumlah sel disebabkan oleh sifat toksik dari senyawa timbal asetat yang merugikan mikroalga dan menghambat pertumbuhan juga.

Penelitian Lamohammad dkk. (2021) menjelaskan bahwa fitoplankton memiliki kemampuan untuk memanfaatkan sel-sel yang sudah mati untuk pembelahan sel. Fosfat merupakan salah satu nutrisi yang penting untuk pertumbuhan dan berperan dalam transfer energi serta makanan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi timbal asetat yang diberikan, semakin tinggi tingkat kematian yang terjadi.

## KESIMPULAN

Pertumbuhan kepadatan sel mikroalga *T. chunii* mengikuti pola pertumbuhan umum yang terjadi dari beberapa tahap. Tahap pertama adalah fase lag, dimana pertumbuhan mikroalga beradaptasi dengan lingkungannya. Tahap selanjutnya adalah fase eksponensial, dimana pertumbuhan mikroalga mencapai puncaknya. Setelah itu, dilakukan perlakuan dengan memberikan senyawa timbal asetat pada mikroalga tersebut. Pemberian senyawa timbal asetat dengan konsentrasi berbeda pada mikroalga *T.*

*Chuii* menyebabkan penurunan pertumbuhan dan kepadatan sel.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A. I., A. A. M. D. Angreni dan I.W. Arnata. 2002. Optimasi Salinitas dan pH Awal Media BG- 11 terhadap Konsentrasi Biomassa Tetraselmis *chuii*. Tesis . Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Udayana. Denpasar.
- Bowale, H., Rompas, R., & Ginting, E. 2017. Ekstraksi Hidrokarbon dari Beberapa Mikroalga. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 5(1),18-23.
- Balaria, G., Kemer, K., & Mantiri, D., 2017. Pemisahan Pigmen Pada Mikroalga *Dunaliella salina* yang Telah Diberi Senyawa Timbal Asetat. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 5(1). 41-49 hal.
- Ferianita, M., Fachrul., Haeruman, H., Listari, C., dan Sitepu. 2005. Komunitas Fitoplankton Sebagai Bio-Indikator Kualita Perairan Teluk Jakarta.
- Jeheskiel, A.V., Kemer, K., & Mantiri, D.M.H. Paulus J. Rompas R.M. 2022 Effect of Lead Acetate (Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>) on The Growth of Marine Microalga *Chlorella vulgaris* (Beijerinck, 1890). *Jurnal Ilmiah Platax* 10(2): 364-371 hal.
- Kawaroe, M., Prartono, T., Sunuddin, A., Sari, D.W., & Augustine, D., 2019. Mikroalga Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Baham Bakar. PT Penerbit IPB Press.
- Kemer, K., Mantiri, D. M. H., Rompas, R. M., Rimper, J. R., Margyaningsih, N.I. 2020. Transmission Electron Microscope Analysis Upon Growth of Lead Acetate Treated Microalga, *Dunaliella* sp. *Jurnal Aquacultur, Aquarium, Conservation and Legislation*, 13(2), 849-856.
- Kusuma, R. W.A., & Zulaika, E., 2014. Potensi *Chorella* sp. Sebagai Bioakumulator Logam Berat Kadmium. *Jurnal Sains dan Seni ITS* 3(2), 71-74.
- Krebs, C.J. 1989. *Experimental Analysis of Distribution and Abundanc.* Third Edition, New York. Lamohammad, O.M., Kemer, K., Mantiri, D.M.H., Angkow, E., Paulus, J., & Wantasen, A.S.
2021. Ekstraksi Pigmen Klorofil Total Pada Mikroalga *Dunaliella* sp. Yang Telah Diberi Perlakuan Timbal Asetat. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 9(1), 1-10 hal.
- Meisyara, M. A. R., 2019. Potensi Mikroalga Tetraselmis *chuii* Buchter Dalam Bioremediasi Logam Berat Timbal (Pb) Dari Limbah Batik (DoctorL Dissertation, AUJY).
- Negara, B.F.S.P.' Nursalim, N., Herliany, N.E., Retna, P.P., Purnama, D., & Utami, M.A. F. 2019. Peranan dan Pemanfaatan Mikroalga Tetraselmis *chuii* Sebagai Bioetanol. *Jurnal Enggano*, 4(2), 136-147 hal.
- Odum, E.P., 1971, *Fundamental of Ecology.* W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- Tamalonggehe, J., Kemer, K., Paransa, D.S.J., Mantiri, D.M.H., Kawung, N. J., & Undap, S. L. 2020. Efek Senyawa Timbal Asetat Terhadap Pertumbuhan Dan Kandungan Pigmen Klorofil Mikroalga *Dunaliella* sp. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 8(2). 1-10 hal.
- Sanep, J.V., Kemer, K., Mantiri, D. M.H., Paulus, J.J.H., Mamujaja, J.M., Tombokan J.L. 2023. Effect of Lead Asetat (Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>) on The Growth of Marine Microalga *Porphyridium cruentum*. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 9(1): 253-258 hal.
- Simanjuntak, G. Mantiri, D., Kemer, K., 2016. Pengaruh Senyawa Merkuri Klorida (HgCl<sub>2</sub>) Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Pigmen Klorofil Mikroalga *Botryococcus braunii*. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 4 (2), 23-29 hal.
- Sutherland, D. L., Howard-Williams, C., Turnbull, M. H., Broady, P. A., & Craggs, R. J. 2015. Enhancing

- microalga photosynthesis and productivity in wastewater treatment high rate alga ponds for biofuel production. *Bioresource technology*, 184, 222-229.
- Tewal, F., Kemer, K., Rimper, J. R., Mantiri, D.M.H., Pelle, W.E., & Mudeng, J. D. 2021. Laju Pertumbuhan dan Kepadatan Mikroalga *Dunaliella* sp. Pada Pemberian Timbal Asetat dengan Konsentrasi Yang Berbeda. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 9(1), 30-37 hal.