

LAJU PERTUMBUHAN DAN KEPADATAN MIKROALGA *Dunaliella* sp. PADA PEMBERIAN TIMBAL ASETAT DENGAN KONSENTRASI YANG BERBEDA

Growth Rate and Density of Microalgae Dunaliella sp. Treated With Lead Acetate at Different Concentrations

**Fitly Tewel*, Kurniati Kemer, Joice R.T.S.L. Rimper, Desy M.H. Mantiri,
Wilmy E. Pelle, Joppy D. Mudeng.**

Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas
Sam Ratulangi

*e-mail: fittewal@gmail.com

ABSTRACT

Microalgae are organisms that contain chlorophyll and other pigments so they can carry out photosynthesis. Microalgae are widespread in nature and can be found in any environment exposed to sunlight. Microalgae are micro-sized biota with a diameter of less than 2 μm . The benefits of microalgae for other living things, especially humans, are numerous, including as a source of food and ingredients in the manufacture of medicines. *Dunaliella* sp. is a group of green algae that contains protein, fat and carbohydrates as a good source of food. Growth rate and density of microalgae *Dunaliella* sp. and the effect of lead acetate with different concentrations was observed using a microscope, starting from the lag phase, the logarithmic phase, the stationary phase and the declination phase. *Dunaliella* sp. Experiencing an exponential phase in the observation before treatment, namely on the 9th day and then doing the treatment. Treatment with lead acetate with concentrations of 10 ppm, 50 ppm and 80 ppm is very influential in the growth of microalgae. The result is that lead acetate contains toxins that can kill microalgae cells in both low and high concentrations.

Keywords: *Microalgae, Dunaliella* sp., *Lead Acetate, Concentration.*

Mikroalga merupakan organisme yang mengandung klorofil serta pigmen-pigmen lain sehingga dapat melakukan fotosintesis. Mikroalga tersebar luas di alam dan dapat dijumpai di semua lingkungan yang terkena sinar matahari. Mikroalga adalah biota yang berukuran mikro dengan ukuran diameternya kurang dari 2 μm . Manfaat mikroalga untuk makhluk hidup lainnya, terutama manusia sangat banyak, diantaranya sebagai sumber makanan dan bahan dalam pembuatan obat-obatan. *Dunaliella* sp. merupakan kelompok alga hijau yang mempunyai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat sebagai sumber pangan yang baik. Laju pertumbuhan dan kepadatan mikroalga *Dunaliella* sp. dan pengaruh pemberian timbal asetat dengan konsentrasi yang berbeda diamati menggunakan mikroskop, mulai dari fase lag, fase logaritmik, fase stasioner dan fase deklinasi. *Dunaliella* sp. mengalami fase eksponensial pada pengamatan sebelum perlakuan yaitu di hari ke 9 dan kemudian dilakukan perlakuan. Perlakuan dengan pemberian timbal asetat dengan konsentrasi 10 ppm, 50 ppm dan 80 ppm sangat berpengaruh dalam pertumbuhan mikroalga. Diakibatkan timbal asetat mengandung racun yang bisa membunuh sel mikroalga baik dengan konsentrasi yang rendah maupun konsentrasi yang tinggi.

Kata kunci: Mikroalga, *Dunaliella* sp., Timbal Asetat, Konsentrasi.

PENDAHULUAN

Dunaliella sp. memiliki habitat di perairan laut dan sering ditemukan di danau, rawa serta parit-parit dekat perairan laut (Ben-Amotz, 2004). Salinitas yang optimal untuk menunjang pertumbuhan yaitu 18-22 ppt (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). *Dunaliella* sp. merupakan fitoplankton yang memiliki sifat halofilik yang artinya mampu bertahan hidup dalam lingkungan yang memiliki kadar garam tinggi (Smith *et al.*, 2010). *Dunaliella* sp. juga bersifat eurythermal atau dapat bertahan terhadap kisaran suhu yang lebar. Alga ini dapat bertahan pada suhu rendah hingga di bawah titik beku sampai suhu tinggi yaitu 40°C (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Salah satu parameter lingkungan yang menunjang pertumbuhan *Dunaliella* sp. adalah intensitas cahaya, salinitas, pH dan suhu. Cahaya menjadi salah satu faktor pembatas bagi keberlangsungan hidup *Dunaliella* sp. Cahaya yang bersumber dari energi matahari dibutuhkan oleh *Dunaliella* sp. dalam proses fotosintesis, laju fotosintesis akan meningkat bila intensitas cahaya meningkat dan menurun bila intensitas cahaya berkurang (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Lavens and Sorgeloos (1996), menjelaskan bahwa pertumbuhan fitoplankton dibagi menjadi lima fase yaitu :

1. Fase Lag

Pertumbuhan fitoplankton pada fase ini dikaitkan dengan adaptasi fisiologis metabolisme sel pertumbuhan fitoplankton, seperti peningkatan kadar enzim dan metabolit yang terlibat dalam pembelahan sel dan fiksasi karbon.

2. Fase Eksponensial

Fase eksponensial ditandai dengan sel fitoplankton telah mengalami pembelahan sel dengan laju pertumbuhan relatif tetap. Pertumbuhan fitoplankton dapat maksimal tergantung pada spesies alga, nutrien, cahaya dan temperatur.

3. Fase Penurunan Laju Pertumbuhan

Pertumbuhan sel mulai melambat ketika nutrisi, cahaya, pH, CO₂ atau faktor kimia dan fisika lain mulai membatasi pertumbuhan.

4. Fase Stasioner

Fase stasioner ditandai dengan kematian fitoplankton hampir sama dengan laju pertumbuhannya sehingga kepadatan fitoplankton pada fase ini relatif konstan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fazeli *et al.* (2006), pembentukan β-karoten pada genus *Dunaliella* lebih tinggi pada fase stasioner dari pada fase eksponensial.

5. Fase Kematian

Fase kematian ditandai dengan kondisi kualitas air menurun dan kandungan nutrisi rendah sehingga kepadatan sel menurun dengan cepat karena laju kematian fitoplankton lebih tinggi daripada laju pertumbuhannya sampai kultur berakhir.

Mikroalga *Dunaliella* sp. mudah terkontaminasi dengan bahan pencemar seperti bahan logam berat yakni timbal (Pb) yang masuk ke perairan, semakin tinggi kadar logam berat timbal (Pb) dalam perairan, bersifat toksik terhadap pertumbuhan mikroalga *Dunaliella* sp. (Mantiri *et al.*, 2001)

Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan

organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibanding dalam air. Timbal (Pb) merupakan salah satu bahan pencemar yang termasuk dalam kategori golongan logam berat. Timbal dapat mencemari lingkungan perairan, selain itu juga mempengaruhi kehidupan organisme yang hidup di dalamnya (Darmono 1995). Dalam penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui laju pertumbuhan dan kepadatan mikroalga tanpa pemberian logam berat dan dengan pemberian logam berat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini untuk mengamati proses laju pertumbuhan dan kepadatan mikroalga *Dunaliella* sp. yang dikultur dalam laboratorium Teknologi Akuakultur dengan suhu ruangan 25°C dan penyinaran lampu 48 watt, mulai dari fase awal pertumbuhan sampai fase akhir. Pengamatan dengan melihat kepadatan dan laju pertumbuhan sel dilakukan setiap hari dengan mikroskop kemudian saat pemberian perlakuan dengan timbal asetat dan sampai pada proses akhir yaitu kematian pada mikroalga.

Air laut yang menjadi media untuk mikroalga diambil di perairan teluk Manado yaitu di pantai Boboca Malalayang. Perairan di daerah ini masih relatif bersih sehingga memungkinkan untuk digunakan. Air laut yang diambil kemudian dibawa ke Laboratorium untuk tahap penyaringan.

Penyaringan air laut dilakukan untuk membersihkan atau memisahkan kotoran-kotoran yang susah dibersihkan dengan manual sehingga menggunakan alat bantu laboratorium berupa vakum yang dilengkapi dengan kertas saring, corong buchner dan labu Buchner. Penyaringan air laut ini dilakukan di Laboratorium Kesehatan Ikan,

Air laut yang sudah disaring kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer yang berukuran 1000 ml, dan dibungkus dengan aluminium foil untuk proses sterilisasi menggunakan autoclave dengan suhu 121 °C selama 15 menit. Sterilisasi air laut dilakukan di Laboratorium Biologi Molekuler & Farnasitika Laut.

Media kultur yang digunakan adalah labu ukur yang memiliki takaran 250 ml dan dimasukkan air laut yang sudah disterilkan sebanyak 200 ml. Kemudian media kultur dimasukkan nutrisi yaitu media walne sebanyak 200µl menggunakan mikropipet 1000 µl. Labu ukur yang sudah terisi sampel dan nutrisi kemudian disimpan di lemari kultur Laboratorium Teknologi Akuakultur dengan suhu ruangan 25 °C dan penyinaran lampu 48 watt. Sampel mikroalga *Dunaliella* sp. diperoleh dari stok atau hasil kultur laboratorium Teknologi Akuakultur Universitas Sam Ratulangi Manado.

Menghitung kepadatan mikroalga *Dunaliella* sp. dilakukan dengan menggunakan mikroskop dan hemositometer pada pembesaran 40x. Sampel dilakukan 5 kali pengulangan dan melihat jumlah kepadatan sel yang terbanyak. Menghitung kepadatan dengan hemositometer adalah dengan melihat sel yang tersuspensi ke dalam kamar hitung atau kotak kecil pada hemositometer. Pengamatan ini dilaksanakan selama 9 hari awal kultur dan 15 hari pengamatan dengan pemberian timbal asetat dan diamati setiap hari pada jam yang sama yaitu pukul 12.00 siang. Pengamatan ini dilaksanakan di Laboratorium Kesehatan Ikan, Lingkungan dan Toksikologi.

Pemberian timbal asetat dilakukan dimana mikroalga berada pada fase eksponensial atau fase dimana laju pertumbuhan dan kepadatan mikroalga relatif tetap. Perlakuan dilakukan dengan membagi sampel atau media kultur menjadi 4 labu, dimana 3 labu untuk pemberian timbal asetat dan 1 labu sebagai

kontrol. Dari 3 labu yang diberi timbal asetat masing-masing berkonsentrasi 10 ppm, 50 ppm dan 80 ppm. Sampel yang sudah diberi perlakuan kemudian dimasukkan kembali ke dalam lemari kultur dan akan diamati kembali hingga 15 hari dengan waktu dan pengulangan yang sama. Pemberian perlakuan dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Akuakultur sedangkan untuk menimbang timbal asetat menggunakan timbangan analitik di Laboratorium Kesehatan Ikan dan Toksikologi.

Analisis Data

Kelimpahan organisme dapat disajikan dengan mengukur kepadatan (Krebs, 1989). Kepadatan adalah besarnya populasi dalam suatu unit ruang yang dinyatakan dalam jumlah individu dari populasi dalam suatu unit (Odum, 1971).

Kepadatan sel mikroalga *Dunaliella* sp. dihitung menggunakan haemocytometer, ditemukan dalam 16 kotak kecil pada haemocytometer jumlah sel $\times 10^4$ sel/ml. Tebal dari ruang hitung ini adalah 0,1 mm. Sel mikroalga yang tersuspensi akan memenuhi volume ruang hitung tersebut sehingga jumlah mikroalga per satuan volume dapat diketahui.

Menurut Anita Padang (2018) Analisis data untuk mengetahui kepadatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$N \times 10^4 \text{ sel/ml}$$

Dimana :

N =Jumlah rata-rata sel yang terdapat pada kotak bujur sangkar

$\times 10^4$ =Jumlah kepadatan sel sebenarnya pada 1 ml media atau air

Sel/ml=Satuan kepadatan fitoplankton

Setelah menghitung kepadatan terbanyak dalam 1 kotak sedang dengan 16 kotak kecil, kemudian hasil dicatat, data yang diperoleh akan dihitung dalam rumus kemudian diolah

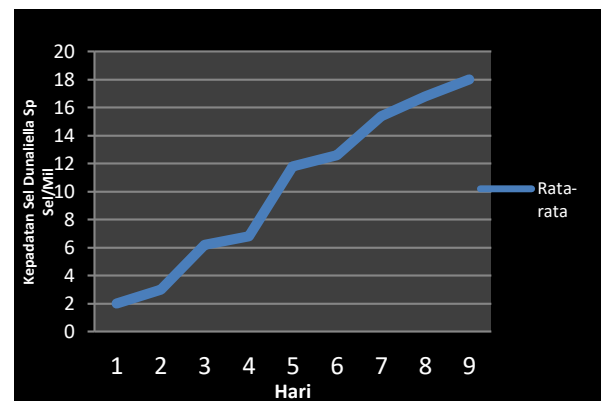
dengan Microsoft excel untuk mengetahui hasil dan grafik yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan awal pertumbuhan mikroalga *Dunaliella* sp. dilakukan dengan cara menghitung kepadatan mikroalga sampai pada fase eksponensial yaitu di hari ke 9 kemudian dilakukan perlakuan dengan membagi menjadi 4 wadah, dimana 3 wadah untuk pemberian senyawa timbal asetat dan 1 wadah untuk kontrol. Kepadatan sel mikroalga *Dunaliella* sp. dihitung menggunakan haemocytometer yang diamati dengan mikroskop cahaya dengan pembesaran 40x.

Pengamatan Awal Kultur

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan selama 24 hari, yaitu 9 hari pengamatan sampai pada fase eksponensial sebelum perlakuan dengan melihat kepadatan dari sampel mikroalga *Dunaliella* sp. dengan 5 kali pengulangan sehingga didapat hasil rata-rata seperti pada grafik.



Gambar 1

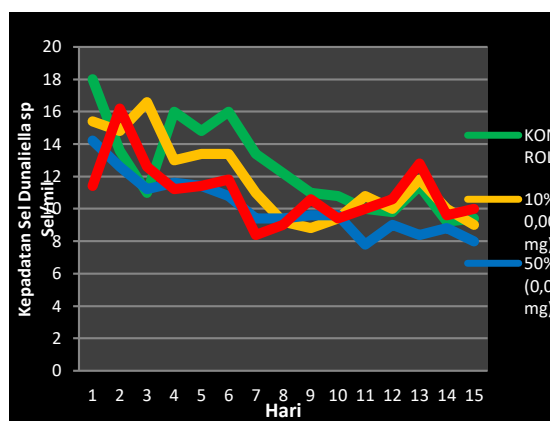
Kepadatan sel *Dunaliella* sp. (sel/ml)

Berdasarkan grafik di atas bahwa kepadatan sel dari hari ke 1 sampai dengan hari ke 4 menunjukkan sel yang beradaptasi atau mengalami metabolisme sebelum terjadinya pembelahan. Pada hari ke 5 sel mulai mengalami pembelahan dengan

memanfaatkan nutrient yang diberikan dalam wadah kultur sehingga perlahan-lahan pertumbuhan sel mulai meningkat hingga dihari ke 8 sampai hari ke 9 dimana fase eksponensial terjadi dan kemudian akan dilanjutkan dengan pemberian perlakuan. Dalam penelitian yang dilakukan Balaira (2017) mengatakan bahwa tahap eksponensial berada pada hari ke 8 di ketahui pada wadah kontrol. Pada hari ke 9 alga sudah mengalami penurunan jumlah sel, sehingga dapat simpulkan rata-rata pertumbuhan mikroalga *Dunaliella* sp dalam kultur terjadi fase eksponensial pada hari ke 8 ataupun 9. Bertambahnya sel dalam kultur dapat diawali dengan berubahnya warna pada wadah kultur.

Pemberian Perlakuan

Perlakuan dilakukan dengan cara sampel *Dunaliella* sp. atau wadah kultur yang sudah diamati sebelumnya selama 9 hari, dibagi menjadi 4 wadah, dimana 1 wadah untuk kontrol dan 3 wadah yang mengandung timbal asetat dengan konsentrasi yang berbeda-beda yaitu 10% (0,006 mg), 50% (0,01 mg) dan 80% (0,02 mg). Pada pengamatan saat perlakuan dengan timbal asetat ini dilakukan selama 15 hari.



Gambar 1
Grafik Pertumbuhan sel *Dunaliella* sp. saat pemberian perlakuan

Kontrol

Pengamatan pada wadah kontrol menunjukkan laju pertumbuhan mikroalga *Dunaliella* sp. bervariasi seperti pertumbuhan mikrolaga pada umumnya. Sel mikroalga *Dunaliella* sp. mengalami pertumbuhan yang cukup besar karena nutrient yang masih tersedia dalam wadah kultur dan sel dapat bereproduksi dengan cepat dan menghasilkan pertumbuhan serta kepadatan yang relatif stabil sampai pada akhir pengamatan.

Kepadatan mikroalga pada hari pertama setelah perlakuan menunjukan jumlah kepadatan sel yang cukup baik dan pada hari ke 3 sampai dengan hari ke 7 pertumbuhan sel mikroalga *Dunaliella* sp. cukup besar, dan pada hari ke 8 sampai dengan hari ke 15 mikroalga tidak mengalami kematian yang besar melainkan menunjukkan pertumbuhan sel yang perlahan-lahan dapat dikatakan stabil.

Timbal Asetat 10%

Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada pemberian timbal asetat dengan konsentrasi 10% (0,006) menunjukan pertumbuhan mikroalga mengalami penurunan yang cukup besar. Jumlah kematian sel dapat dilihat pada pengamatan dengan hemositometer dan menurunnya kualitas air pada wadah kultur

Timbal Asetat 50%

Untuk pemberian timbal asetat pada wadah ketiga dengan konsentrasi 50% (0,01), dapat dilihat dengan konsentrasi yang cukup banyak, sel mengalami penurunan laju pertumbuhan yang cukup. Pada pengamatan dengan mikroskop dan hemositometer. Kepadatan sel berkurang berbeda dengan konsentrasi 10%.

Timbal Asetat 80%

Pada pemberian timbal asetat yang cukup besar yaitu dengan konsentrasi 80% (0,02) pada awal

pemberian timbal sel mengalami pertumbuhan yang cukup banyak hampir sama dengan pada pemberian dengan konsentrasi 50%, sehingga pada konsentrasi ini fase lag dan fase eksponensial terjadi pada hari ke 2 dan hari ke 3, dimana penurunan laju pertumbuhan dan fase stasioner mulai terjadi pada hari ke 4 sampai pada hari ke 10. Pertumbuhan sel pada hari selanjutnya menunjukkan pertumbuhan yang stabil karena kepadatan sel bertambah diakibatkan sel yang mati dimanfaatkan oleh sel yang hidup sebagai nutrient untuk pertumbuhan. Pada hari terakhir pengamatan sel mulai mengalami kematian diakibatkan konsentrasi yang cukup besar ini karena jumlah kematian cukup banyak dari pada jumlah sel yang bereproduksi.

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa kepadatan sel *Dunaliella* sp. mengikuti pola pertumbuhan kultur fitoplankton secara umum yaitu pada fase lag, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian. Namun pada hari terakhir pengamatan jumlah sel hanya mengalami penurunan kepadatan, sehingga penurunan kepadatan ini dapat menjadi fase terakhir dari pertumbuhan sel *Dunaliella* sp.

Kepadatan mikroalga merupakan salah satu parameter pertumbuhan yang dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui apakah mikroalga tersebut tumbuh atau tidak. Pertumbuhan mikroalga terdiri dari fase lag, fase eksponensial, fase penurunan laju pertumbuhan, fase stasioner dan fase kematian

Pada awal pengamatan, wadah sampel mikroalga *Dunaliella* sp. dengan 5 kali pengulangan dan diamati selama 9 hari serta perlakuan selama 15 hari mikroalga mengalami fase lag pada hari ke-1 dimana pada fase ini mikroalga masih dalam tahap adaptasi sebagai upaya penyesuaian diri dari perubahan kondisi lingkungan media yang baru. Menurut Isnansetyo dan Kurniastuti (1995) bahwa fase lag

terjadi kurang dari 24 jam setelah penambahan inokulan kedalam media kultur. Pada fase lag ukuran sel akan meningkat serta mengalami metabolisme sel tetapi belum mengalami pembelahan.

Pada pengamatan awal tanpa perlakuan, dimana pada hari ke 1 sampai pada hari 4 terjadi fase lag atau fase dimana mikroalga beradaptasi dengan lingkungannya. Dari data yang diperoleh pola pertumbuhan dari mikroalga *Dunaliella* sp. mengikuti pola pertumbuhan mikroalga pada umumnya, sehingga pada hari ke 5 sampai hari ke 8 pertumbuhan sel relatif baik hingga pada hari ke 9 yang merupakan fase dimana sel dengan laju pertumbuhan dan kepadatan relatif tinggi atau fase eksponensial.

Setelah sampai pada fase eksponensial dilakukan perlakuan dengan pembagian wadah dimana wadah 1 sebagai kontrol dan 3 wadah lainnya diberi timbal asetat untuk melihat laju pertumbuhan dan kepadatan dari masing-masing konsentrasi yang diberikan.

Pada wadah kontrol fase eksponensial terjadi pada awal pengamatan bersamaan dengan perlakuan yaitu pada hari pertama pengamatan, setelah itu terjadi fase dimana laju pertumbuhan sel mulai menurun akibat beberapa faktor baik kekurangan nutrien, cahaya ataupun faktor kimia dan fisika lainnya. Pertumbuhan pada wadah ini mengalami fase stasioner sampai pada fase kematian, namun pada fase kematian sel tidak seluruhnya habis hingga pada akhir pengamatan, diakibatkan nutrien masih tersedia pada wadah.

Pada wadah yang diberikan timbal asetat dengan konsentrasi 10% (0,006) memberikan pengaruh pada pertumbuhan dan kepadatan sel *Dunaliella* sp. dimana pada hari ke 1 sampai hari ke 6 pertumbuhan sel cukup stabil dengan jumlah kematian yang sedikit, namun ketika masuk pada hari 7 sampai pada hari ke 13 laju

pertumbuhan mulai berkurang dan stabil atau berada pada fase stasioner, ketika masuk pada hari ke 14 dan 15 setelah diamati laju pertumbuhan mulai menurun diakibatkan sel kekurangan nutrient dan pengaruh timbal asetat yang bersifat racun. Pada wadah kontrol pengamatan tidak dilakukan hingga mikroalga *Dunaliella* sp. benar-benar mati atau habis.

Untuk wadah dengan konsentrasi 50% (0,01) terjadi fase penurunan laju pertumbuhan pada hari ke 1 sampai pada hari ke 5 dimana jumlah kematian masih relatif sedikit kemudian pada hari ke 6 sampai hari ke 12 kepadatan mikroalga dapat dikatakan stabil atau berada pada fase stasioner, kemudian di hari ke 13 sampai hari ke 15 pengamatan terakhir mikroalga berada pada fase kematian akibat pengaruh timbal asetat yang cukup banyak.

Wadah terakhir dengan pemberian timbal asetat dengan konsentrasi yang cukup banyak yaitu 80% (0,02), mikroalga mengalami pertumbuhan yang tidak stabil, dimana pada hari ke 7 sampai hari ke 12 mikroalga mengalami penurunan kepadatan perlahan-lahan, dan naik lagi pada hari ke 12 dan 13, sehingga dari hasil pengamatan pertumbuhan mikroalga tidak stabil, namun pada hari ke 14 dan 15 kematian mikroalga relatif banyak. Ini menunjukkan bahwa pengaruh dari timbal asetat dengan konsentrasi yang tinggi dapat mematikan sel Mikroalga *Dunaliella* sp. secara perlahan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa

1. Laju pertumbuhan mikroalga *Dunaliella* sp. menunjukkan pola pertumbuhan mikroalga pada umumnya, dimana pertumbuhan terjadi fase lag dan fase eksponensial dimana puncak pertumbuhan mikroalga yang kemudian dilakukan perlakuan.

2. Perlakuan timbal asetat sangat berpengaruh dalam pertumbuhan mikroalga *Dunaliella* sp. karena timbal asetat mengandung racun yang bisa membunuh sel mikroalga baik dengan konsentrasi yang rendah maupun konsentrasi yang tinggi.
3. Pertumbuhan sel *Dunaliella* sp. dengan pemberian timbal asetat menunjukkan pertumbuhan yang tidak stabil, dimana timbal asetat dengan konsentrasi 10 ppm, 50 ppm, dan 80 ppm menunjukkan pola pertumbuhan yang unik, dimana masing-masing pertumbuhan hampir sama. Terutama pada konsentrasi yang lebih tinggi yaitu 80 ppm, pola pertumbuhan dan kepadatan hampir sama dengan konsentrasi 10 ppm dan 50 ppm, apalagi dengan wadah kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Anita Padang, Abdurahim Lestaluhu, Rosida Siding, 2018. Pertumbuhan Fitoplankton *Dunaliella* sp dengan Cahaya Berbeda pada Skala Laboratorium. Jurnal Agribisnis Perikanan (E-ISSN 2598-8298/P-ISSN 1979-6072). Dipublikasi : 2 Mei 2018
- Ben-amotz, A 2004. Industrial Production of Microalgal Cell-Mass and Secondary Products-Major Industrial Species, Handbook of Microalgal Culture : Biotechnology and Applied Phycology Edited by Amos Richmond Copyright. pp. 258-292

- Darmono, 1995, Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk hidup, 111, 131-134, Universitas Indonesia Pers.
- Fazeli, M. R., H. Tofighi, N Samadi and H. Jamalifar. 2006. Effects of Salinity on B-Carotene Production by *Dunaliella tertiolecta* DCCBC26 Isolated from The Urmia Salt Lake, North of Iran. 97:2453-2456
- Greisela Y. Ballaria, G.Y., Kemer, K., Mantiri, D.M.H., (2017). Pemisahan Pigmen Pada Mikroalga *Dunaliella* salina Yang Telah Diberi Senyawa Timbal Asetat. Jurnal Pesisir dan Laut Tropis, Vol 1(1), 41-49.
- Isnansetyo, A dan Kurniastuty 1995. Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton. Pakan Alami untuk Pembenihan Organisme Laut. Yogyakarta: Kanisius.
- Joshep Tamalonggehe., Kurniati Kemer, Darus Sa'adah J. Paransa1, Desy M.H. Mantiri1, Nickson J. Kawung, Suzanne L. Undap., (2020). Efek Senyawa Timbal Asetat Terhadap Pertumbuhan Dan Kandungan Pigmen Klorofil Mikroalga *Dunaliella* sp. Jurnal Pesisir dan Laut Tropis, Vol 8(2)
- 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. AACL Bioflux 13(2):849-856.
- Krebs, C.J. 1989. Ecological Methodology. Harper Collins Publisher. New York. 649p
- Lavens, P dan P. Sorgeloos (eds). 1996. Manual on the production and Use of live Food for Acuaculture. FAO Fisheries Technical Paper. No. 361. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Mantiri D.M.H., Inkiriwang, .P. A., Wowor P. 2001. Pengaruh Logam Tembaga Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Pigmen *Dunaliella* sp. Jurnal Fakultas Perikanan Vol 2(4): 52-55.
- Odum, E.P., 1971 Fundamental of Ecology. W.B. Saunders Company, Philadelphia.