

Efek Senyawa Timbal Asetat Terhadap Pertumbuhan Dan Kandungan Pigmen Klorofil Mikroalga *Dunaliella* sp.

(Effects of Lead Acetate Compound on Growth and Content of Chlorophyll pigments Microalgae *Dunaliella* sp.)

Joshep Tamalongge¹, Kurniati Kemer¹, Darus Sa'adah J. Paransa¹, Desy M.H. Mantiri¹, Nickson J. Kawung¹, Suzanne L. Undap²

¹Program Studi Ilmu Kelautan, FPIK UNSRAT Manado

²Program Studi Budidaya Perairan, FPIK UNSRAT Manado

Email : kurnikemer@unsrat.ac.id

Abstract

Microalgae is one of the marine biota that has an important role in the waters because it acts as a supplier of food in the waters. Microalgae is a biological source that needs to be exploited because it is rich in essential compounds. *Dunaliella* sp. is one of the many micro algae used as research. Utilization of *Dunaliella* sp. quite diverse and has been marketed in developed countries because of its very attractive economic value. This study aims to determine the effects of lead acetate compounds on growth and content of chlorophyll pigments microalgae *Dunaliella* sp. The results obtained in this study are the lead acetate compounds can affect the number of cells in the growth of microalgae and analysis results obtained with a spectrophotometer showed that the extraction concentration of control day 5 (Exponential Phase) was higher than the concentration of 15 ppm and 25 ppm, whereas extraction on day 21 (Death Phase) concentration of 15 ppm was higher than 25 ppm.

Keywords : *Dunaliella* sp., Lead Acetate, Pigment chlorophyll

Ringkasan

Mikroalga adalah salah satu biota laut yang memiliki peran penting di perairan karena berfungsi sebagai pemasok makanan di perairan. Mikroalga adalah sumber biologis yang perlu dieksploitasi karena kaya akan senyawa esensial. *Dunaliella* sp. adalah salah satu dari banyak mikroalga yang digunakan sebagai penelitian. Pemanfaatan *Dunaliella* sp. cukup beragam dan telah dipasarkan di negara maju karena nilai ekonominya yang sangat menarik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek senyawa timbal asetat terhadap pertumbuhan dan kandungan pigmen klorofil *Dunaliella* sp. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah senyawa timbal asetat dapat mempengaruhi jumlah sel dalam pertumbuhan mikroalga, penurunan jumlah sel mengikuti konsentrasi timbal asetat yang diberikan dan hasil analisis yang diperoleh dengan spektrofotometer menunjukkan bahwa konsentrasi ekstraksi kontrol hari 5 (Fase Eksponensial) lebih tinggi daripada konsentrasi 15 ppm dan 25 ppm, sedangkan ekstraksi hari 21 (Fase Kematian) konsentrasi 15 ppm lebih tinggi dari 25 ppm.

Kata kunci : *Dunaliella* sp., Timbal Asetat, Pigmen Klorofil

PENDAHULUAN

Alga merupakan organisme autotrof yang tidak memiliki akar, batang, dan daun sejati. Pada sel alga terdapat berbagai plastisida yaitu organel sel, yang mengandung zat warna (pigmen). Plastisida yang terdapat pada alga terutama kloroplas mengandung zat warna klorofil yang berperan penting dalam fotosintesis. Alga bersifat uniseluler (bersel tunggal) dan multiseluler (bersel banyak). Alga dibedakan dalam dua kelompok, yakni makroalga dan mikroalga. Makroalga yaitu yang berukuran besar dan dapat dilihat secara langsung dengan mata sedangkan mikroalga yang berukuran kecil dan harus dilihat dari mikroskop (Romimohtarto, 2005).

Mikroalga adalah mikro organisme nabati yang hidup melayang-layang dalam air dan relatif tidak mempunyai daya gerak. Mikro organisme ini keberadaannya dipengaruhi oleh gerakan air serta mampu berfotosintesis. Mikroalga memiliki zat warna hijau daun (klorofil) yang berperan pada fotosintesis untuk menghasilkan bahan organik dan oksigen dalam air. Salah satu jenis mikroalga yakni mikroalga *Dunaliella* sp.

Mikroalga *Dunaliella* sp. dapat menjadi produsen primer rantai makanan di laut, mikroalga juga dapat digunakan sebagai indikator kesuburan suatu perairan (Rahardjo, 2008). Masuknya bahan pencemar ke perairan yakni logam berat timbal (Pb), timbal dapat masuk ke lingkungan melalui air, tanah dan udara, memungkinkan transmisi pencemar menjadi lebih luas kepada berbagai makhluk hidup, termasuk manusia sehingga menimbulkan gangguan kesehatan, seperti terganggunya sintesis darah merah, anemia, dan penurunan intelegensia pada anak (Naria, 2005), sedangkan pada organisme dapat menunjukkan

bahwa kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air pada konsentrasi 2,754 mg/L, menyebabkan kematian krustacea setelah 245 jam, sedangkan insekta mengalami kematian dalam waktu yang singkat 168 jam (Palar, 1994). 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 dkk, (2001) berdasarkan latar belakang di atas, maka dalam penulisan ini penulis mencoba mempelajari efek senyawa timbal asetat terhadap pertumbuhan dan kandungan pigmen klorofil mikroalga *Dunaliella* sp.

METODE PENELITIAN

Mikroalga yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis mikroalga *Dunaliella* sp. Mikroalga ini menjadi stok kultur di Laboratorium Teknologi Akuakultur. Selanjutnya mikroalga dilakukan kultur baru untuk penelitian mengetahui "Efek Senyawa Timbal Asetat Terhadap Kandungan Pigmen Mikroalga *Dunaliella* sp.". Ruangan kultur dengan suhu 25^o C dan penyinaran lampu 48 watt di Laboratorium Teknologi Akuakultur.

Air laut yang digunakan sebagai media kultur mikroalga *Dunaliella* sp. diambil dari perairan di Teluk Manado (Perairan Tugu Boboca) yang masih relatif bersih dari pencemaran antropogenik dan jauh dari limbah industri yang masuk ke perairan laut. Selanjutnya dilakukan pemisahan air laut dengan partikel-partikel kotoran laut menggunakan alat penyaring air aspirator yang dilengkapi dengan kertas saring (*whatman*) berukuran pori-pori 0,45 µm dan di sterilisasi dengan *autoclave* agar air laut steril.

Air laut yang sudah steril ditambahkan sampel mikroalga *Dunaliella* sp. diambil melalui mikropipet dengan ukuran 1000 µl lalu dimasukkan ke labu ukur yang berukuran 1000 ml dan terisi air laut steril 500 ml, selanjutnya dimasukkan media walne sebanyak 0,5 µl sebagai asupan nutrisi mikroalga. Selanjutnya di simpan dalam lemari kultur dan dilakukan pengamatan setiap hari dengan lima kali ulangan untuk mengetahui jumlah sel mikroalga mencapai fase eksponensial dan kepadatan dihitung menggunakan rumus menurut Suminto, (2005), kepadatan sel mikroalga *Dunaliella* sp. dihitung menggunakan haemocytometer, ditemukan 1 sel dalam 16 kotak kecil pada haemocytometer jumlah sel $\times 10^4$ Sel/ml. Saat pada fase eksponensial dilakukan pemberian timbal asetat. Ada pun Komposisi Media Walne yakni sebagai berikut (Endrawati dkk, 2012) :

Tabel 1. Komposisi Media Walne

Komponen	Komposisi
FeCl₂.6H₂O	1,3 g
MnCl₂.4H₂O	0,36 g
H₃BO₃	33,60 g
NaH₂PO₄.2H₂O	20 g
NaNO₃	100 g
Larutan Trace Metal Solution	1ml
Na₂EDTA	45 g

Mikroalga *Dunaliella* sp. yang sudah mencapai fase eksponensial, di pindahkan ke dalam labu ukur 200 ml dan dimasukkan ke dalam empat labu ukur sebagai perlakuan timbal asetat dan sisanya dimasukkan ke satu labu ukur sebagai kontrol, dalam empat labu ukur di beri perlakuan senyawa timbal asetat dengan konsentrasi 15 ppm, 25 ppm, 35 ppm, dan 45 ppm, ke lima labu ukur tersebut, kemudian dilakukan pengamatan setiap hari dengan lima kali ulangan dalam setiap sampel,

pengamatan dilakukan untuk mengetahui fase eksponensial dan fase kematian. Selanjutnya di ekstraksi.

Mikroalga *Dunaliella* sp. di aduk dalam pelarut aseton 80%. Sampel yang berwarna hijau dimasukkan dalam tabung reaksi, dan dipisahkan dengan pelarut organik, kemudian dilakukan tahapan ekstraksi pigmen. Adapun tahapan ekstraksi yakni sebagai berikut :

1. Ekstraksi tahap I dilakukan pada fase eksponensial yakni pada kontrol, konsentrasi 15 ppm dan konsentrasi 25 ppm. Sampel mikroalga *Dunaliella* sp. dimasukkan dalam tabung reaksi, selanjutnya ditambahkan aseton 80% dan petroleum eter sehingga terbentuk ekstrak pigmen total.
2. Ekstraksi tahap II adalah Ekstrak Pigmen Total tambahkan metanol 95% :
 - a. Tambahkan KOH Selanjutnya dilakukan ekstraksi tahap III.
 - b. Tambahkan dietil eter dan KOH.
3. Masing-masing ekstraksi berdasarkan beda polaritas akan terbentuk dua lapisan dan fraksi yang terbentuk di tentukan puncak serapan maksimum spektrofotometer UV-Vis.

Untuk mengetahui nilai konsentrasi pigmen karotenoid pada mikroalga *Dunaliella* sp. (dalam petroleum eter) dengan menggunakan alat spektrofotometer dan digunakan rumus (Britton dan Pfander, 1995) :

$$C = \frac{OD \times V1}{E_{1\text{ cm}}^{1\%} \times V2}$$

Keterangan :

OD : Kepadatan (*Optical Density*)

C : Konsentrasi Pigmen ($\mu\text{g/ml}$)

V_1 : Volume awal pigmen ml

V_2 : Volume akhir pigmen ml

$E_{1\text{ cm}}^{1\%}$: 0,28 (β -Karoten)

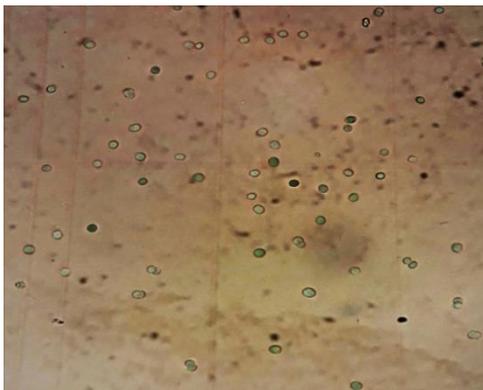
Untuk mengetahui nilai konsentrasi klorofil a dan klorofil b menggunakan rumus Masithah *dkk*, (2011) :

Klorofil a : $11,93 \times A_{664} - 1,93 \times A_{647}$

Klorofil b : $20,63 \times A_{647} - 5,50 \times A_{664}$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan pertumbuhan mikroalga *Dunaliella* sp. dilakukan dengan menghitung kepadatan mikroalga *Dunaliella* sp. kontrol, tanpa pemberian senyawa timbal asetat dan dengan pemberian senyawa timbal asetat. Kepadatan sel mikroalga *Dunaliella* sp. dilakukan perhitungan menggunakan haemocytometer yang diamati dengan mikroskop cahaya pembesaran 40x seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1.

Kepadatan sel mikroalga *Dunaliella* sp. pembesaran 40x

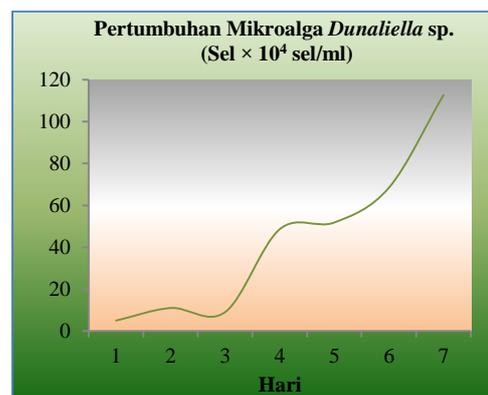
Mikroalga *Dunaliella* sp. memiliki panjang sel dan ukuran sel yang bervariasi tergantung bentuknya. Pertumbuhan mikroalga

dalam kultur sangat dipengaruhi oleh kondisi pertumbuhan yaitu cahaya, suhu dan nutrisi.

Pertumbuhan Mikroalga *Dunaliella* sp.

Pertumbuhan pada mikroalga *Dunaliella* sp. terjadi proses penambahan jumlah sel yang diamati setiap hari dengan menghitung kepadatan populasi sel. Kepadatan sel mikroalga *Dunaliella* sp. hari ke 1 sampai hari ke 4 menunjukkan pertumbuhan sel mikroalga. Dalam fase ini mikroalga mengambil nutrisi sebagai makanan untuk memulai pembelahan sel. Hari ke 5 dan hari ke 6 pertumbuhan sel mikroalga pada fase ini mengalami peningkatan yang relatif atau disebut dengan fase stasioner. Hari ke 7 mengalami fase eksponensial.

Dalam fase eksponensial ini sel mikroalga mulai banyak membelah. Kegiatan pengamatan dilakukan sampai pada fase eksponensial hari ke 7 dan hasil kepadatan yang diperoleh tampak pada Gambar 2 pertumbuhan mikroalga *Dunaliella* sp.



Gambar 2.

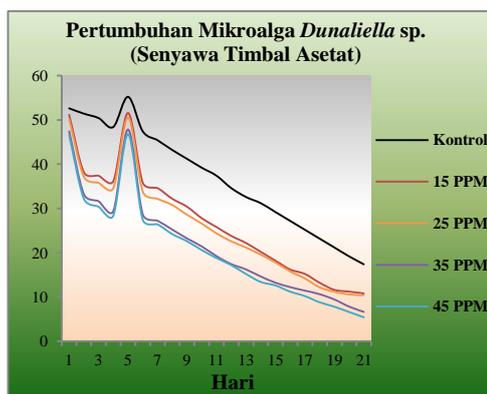
Pertumbuhan mikroalga *Dunaliella* sp.

Dalam Gambar 2. Pada pertumbuhan mikroalga *Dunaliella* sp. tampak fase eksponensial pada hari ke 7 dengan jumlah sel yakni 112 sel/ml, hal ini didukung oleh kandungan nutrisi yang terdapat pada media walne dalam kultur

mikroalga, selanjutnya pengamatan dihentikan. Hasil penelitian Bawias *dkk*, (2018), pertumbuhan mikroalga dihentikan pada fase eksponensial hari ke 5 yaitu dengan jumlah kepadatan sel rata-rata 93 sel pada mikroalga *Nannochloropsis* sp. Menurut Padang *dkk*, (2018), pertumbuhan mikroalga berbeda karena sel mikroalga membelah lebih banyak dikarenakan oleh nutrisi yang diberikan pada mikroalga. Pada fase eksponensial hari ke 7 dilanjutkan pemberian senyawa timbal asetat dengan konsentrasi berbeda.

Pemberian Senyawa Timbal Asetat

Pemberian senyawa timbal asetat diberikan pada mikroalga *Dunaliella* sp. saat pertumbuhan di fase eksponensial pada hari ke 7 seperti tampak pada Gambar 2 saat diberi perlakuan senyawa timbal asetat dengan konsentrasi yang berbeda-beda yakni dengan konsentrasi 15 ppm (0,003 gr/ml), 25 ppm (0,005 gr/ml), 35 ppm (0,007 gr/ml), 45 ppm (0,009 gr/ml) dan kontrol. Kurva pertumbuhan mikroalga *Dunaliella* sp. Berdasarkan beda konsentrasi tampak pada Gambar 3.



Gambar 3.

Pertumbuhan Mikroalga *Dunaliella* sp. (Senyawa Timbal Asetat)

Hasil Pertumbuhan mikroalga yang telah diberi senyawa timbal

asetat tampak Gambar 3. Pada kontrol jumlah sel mikroalga *Dunaliella* sp. fase eksponensial hari ke 5 yakni 55,2 sel/ml dan pada mikroalga yang diberi senyawa timbal asetat dengan konsentrasi 15 ppm jumlah sel mikroalga yakni 51,6 sel/ml dan konsentrasi 25 ppm yakni 50,6 sel/ml, menunjukkan kepadatan sel. Pertumbuhan sel mikroalga *Dunaliella* sp. dengan pemberian senyawa timbal asetat konsentrasi 35 ppm dan 45 ppm menunjukkan terjadi penurunan jumlah kepadatan sel mikroalga *Dunaliella* sp. Pada hasil penelitian Kemer *dkk* (2020) juga terjadi penurunan jumlah kepadatan sel mikroalga *Dunaliella* sp. setelah pemberian senyawa timbal asetat dengan konsentrasi 30 ppm yaitu $15,4 \times 10^4$ sel/ml, konsentrasi 50 ppm yaitu $14,2 \times 10^4$ sel/ml dan konsentrasi 80 ppm yaitu $11,4 \times 10^4$ sel/ml.

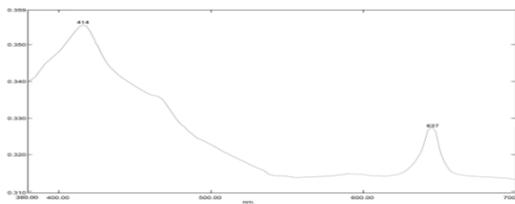
Berdasarkan dari Gambar 3 di atas dilakukan uji anova, yang dapat disimpulkan bahwa rata-rata ke empat konsentrasi timbal asetat berbeda secara signifikan. Senyawa timbal asetat, merupakan senyawa logam berat non esensial yang mampu berikatan dengan jaringan sel sehingga sel hanya mampu mengekskresikan logam berat timbal asetat dengan konsentrasi yang sangat rendah, pada media kultur penurunan jumlah sel disebabkan karena logam berat beracun bagi mikroalga dan dapat menghambat pertumbuhan sel apabila diberikan dalam jumlah yang berlebihan. Hal ini menurut Wong *dkk*, (1995) Akumulasi timbal (Pb) terjadi secara perlahan sampai akhirnya mencapai tingkat yang bersifat racun sehingga menyebabkan kematian sel. Pada penelitian ini dengan pemberian senyawa timbal asetat, semakin besar konsentrasi yang diberikan maka semakin banyak jumlah sel yang mati.

Pemeliharaan mikroalga yang berkonsentrasi senyawa timbal asetat 15 ppm dan 25 ppm

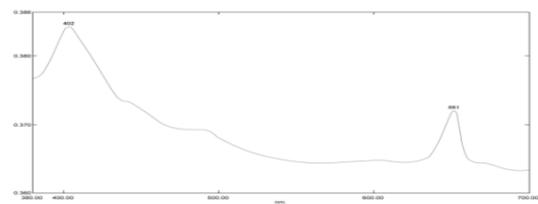
dilanjutkan dengan mengekstraksi pigmennya. Hasil ekstraksi pigmen klorofil untuk mendapatkan konsentrasi pigmen klorofil. Perhitungan konsentrasi pigmen diambil saat hari ke 5 (fase eksponensial) yang di ambil dari kontrol (tanpa pemberian timbal asetat), konsentrasi 15 ppm dan konsentrasi 25 ppm. Perhitungan juga diambil hari ke 21 (fase Kematian) dari konsentrasi 15 ppm dan konsentrasi 25 ppm.

Analisis Kandungan Pigmen Klorofil Mikroalga *Dunaliella* sp.

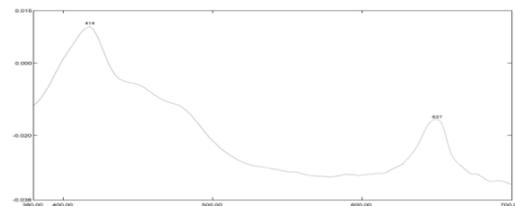
Hasil analisis klorofil b pigmen pada lapisan bawah (Dietil Eter dalam KOH dan Aquades) dan klorofil a lapisan bawah (Petroleum Eter dalam KOH dan Aquades) melalui serapan maksimum spektrofotometer UV-Vis 380-700 nm, diperoleh bentuk spektrogram fase eksponensial dan fase kematian, tampak pada gambar berikut :



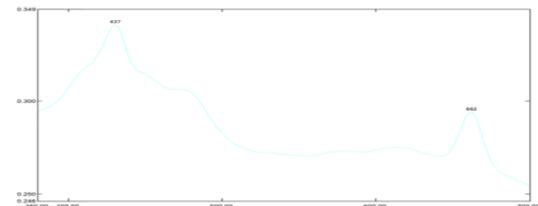
Klorofil b fase eksponensial (Kontrol)



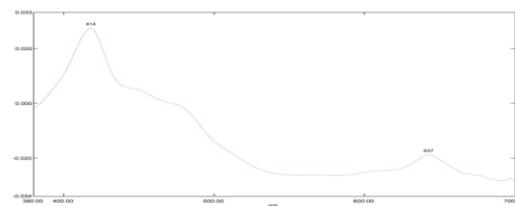
Klorofil a fase eksponensial (Kontrol)



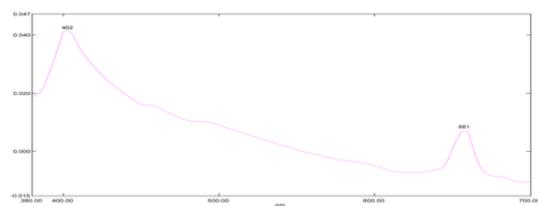
Klorofil b fase eksponensial (15 ppm)



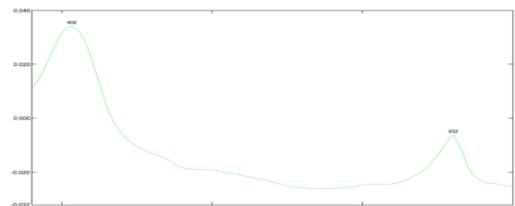
Klorofil a fase eksponensial (15 ppm)



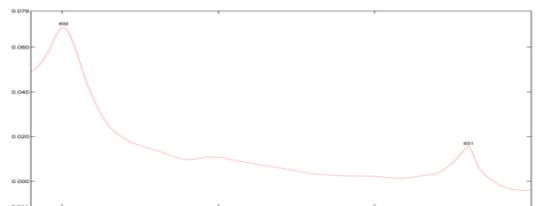
Klorofil b fase eksponensial (25 ppm)



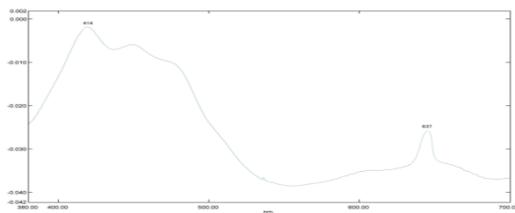
Klorofil a fase eksponensial (25 ppm)



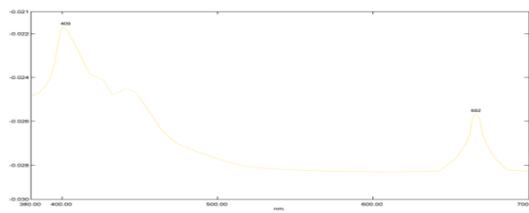
Klorofil b fase kematian (15 ppm)



Klorofil a fase kematian (15 ppm)



Klorofil b fase kematian (25 ppm)



Klorofil a fase kematian (25 ppm)

Gambar 4. Spektrogram Pigmen Klorofil Fase Eksponensial Dan Fase Kematian

Serapan spektrofotometer tampak pada kurva spektrogram pigmen klorofil hasil ekstraksi fase eksponensial (Kontrol) puncak gelombang 414 nm dan 637 nm dengan nilai kandungan pigmen klorofil b yakni 3,370 ug/ml dan serapan spektrofotometer tampak pada kurva spektrogram pigmen klorofil hasil ekstraksi fase eksponensial (Kontrol) membentuk puncak gelombang 402 nm dan 661 nm dengan nilai kandungan pigmen klorofil a yakni 3,864 ug/ml. Serapan spektrofotometer tampak pada kurva spektrogram pigmen klorofil hasil ekstraksi fase eksponensial (15 ppm) membentuk puncak gelombang 414 nm dan 637 nm dengan nilai kandungan pigmen klorofil b yakni 0,453 ug/ml dan pada kurva spektrogram pigmen klorofil hasil ekstraksi fase eksponensial (15 ppm) membentuk puncak gelombang 437 nm dan 662 nm dengan nilai kandungan klorofil a yakni 3,477 ug/ml. Tampak pada kurva spektrogram pigmen klorofil hasil ekstraksi fase eksponensial (25 ppm) membentuk puncak gelombang 414 nm dan 637 nm dengan nilai kandungan pigmen klorofil b yakni 0,420 ug/ml dan serapan spektrofotometer tampak pada kurva spektrogram pigmen klorofil hasil ekstraksi pigmen fase eksponensial (25 ppm) membentuk puncak gelombang 402 nm dan 661 nm, untuk nilai kandungan pigmen klorofil a yakni 0,436 ug/ml.

Analisis serapan gelombang spektrofotometer UV-Vis 380-700 nm. Tampak pada kurva spektrogram pigmen klorofil hasil ekstraksi fase kematian (15 ppm) membentuk puncak gelombang 402 nm dan 652 nm dengan nilai kandungan pigmen klorofil b yakni 0,586 ug/ml dan tampak pada kurva spektrogram pigmen klorofil hasil ekstraksi fase kematian (15 ppm) membentuk puncak gelombang 402 nm dan 661 nm dengan nilai kandungan pigmen

klorofil a yakni 0,830 ug/ml, untuk hasil analisis tampak pada kurva spektrogram pigmen klorofil hasil ekstraksi fase kematian (25 ppm) membentuk puncak gelombang 414 nm dan 637 nm dengan nilai kandungan pigmen klorofil b yakni 0,201 ug/ml dan tampak pada kurva spektrogram pigmen klorofil hasil ekstraksi fase kematian (25 ppm) membentuk puncak gelombang 409 nm dan 662 nm dengan nilai kandungan pigmen klorofil a yakni 0,210 ug/m.

Tabel 3. Nilai Kandungan Ekstraksi Pigmen Klorofil a dan Klorofil b

Hari Ke 5	Konsentrasi Pigmen (µg/ml)		
	Kontrol	15 ppm	25 ppm
Klorofil b	3,370	0,453	0,420
Klorofil a	3,864	3,477	0,436

Hari Ke 21	Konsentrasi Pigmen (µg/ml)	
	15 ppm	25 ppm
Klorofil b	0,586	0,201
Klorofil a	0,830	0,210

Nilai Kandungan Ekstraksi Pigmen Klorofil a dan Klorofil b dari Tabel 3 di atas, diketahui bahwa lapisan bawah hari ke 5 fase eksponensial pada kontrol yakni 3,370 ug/ml, konsentrasi 15 ppm yakni 0,453 ug/ml dan konsentrasi 25 ppm yakni 0,420 ug/ml, untuk lapisan bawah hari ke 5 fase eksponensial pada kontrol yakni 3,864 ug/ml, konsentrasi 15 ppm yakni 3,477 ug/ml dan konsentrasi 25 ppm yakni 0,436 ug/ml. Pada lapisan bawah hari 21 fase kematian pada konsentrasi 15 ppm yakni 0,586 ug/ml dan konsentrasi 25 ppm yakni 0,201 ug/ml, untuk lapisan bawah hari ke 21 fase kematian pada konsentrasi 15 ppm yakni 0,830 ug/ml dan konsentrasi 25 ppm yakni

0,210 ug/ml. Dapat diketahui bahwa masing-masing gambar diatas diasumsikan masih mengandung pigmen klorofil.

Hasil penelitian yang diperoleh, berdasarkan Goodwin (1988) diasumsikan pigmen karotenoid tercampur di antara pigmen klorofil. Pigmen klorofil berada pada kisaran panjang gelombang 380-700 nm. Pada fase eksponensial yakni hari ke 5 kandungan pigmen klorofil pada kontrol lebih tinggi dari kandungan klorofil pada konsentrasi 15 ppm dan 25 ppm. Untuk hasil ekstraksi fase kematian yakni hari ke 21 dilakukan pada konsentrasi 15 ppm dan 25 ppm, hasil yang diperoleh yakni kandungan pigmen klorofil pada konsentrasi 15 ppm dan konsentrasi 25 ppm masih terdapat kandungan pigmen klorofil. Suyitno, (2008) dalam Ballaria dkk, (2017) menyatakan konsentrasi yang terdapat pada mikroalga tidak mempengaruhi kandungan pigmen, mikroalga dalam lingkungan kondisi konsentrasi tertentu, mampu untuk mempertahankan hidup, karena kandungan pigmen yang terdapat pada mikroalga berfungsi dalam proses fotosintesis dimana pigmen tersebut memiliki kemampuan menyerap energi cahaya. Hal ini dapat dilihat pada wadah yang diberi senyawa timbal asetat masih terdapat kandungan pigmen klorofil pada mikroalga *Dunaliella* sp.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Efek senyawa timbal asetat terhadap pertumbuhan mikroalga *Dunaliella* sp. pada fase eksponensial sebelum pemberian senyawa timbal yaitu 112,6 sel/ml, sesudah pemberian senyawa timbal asetat 15 ppm yaitu 51,6

sel/ml, senyawa timbal asetat 25 ppm yaitu 50,6 sel/ml kontrol yaitu 55,2 sel/ml. Fase kematian sesudah pemberian senyawa timbal asetat 15 ppm yaitu 10,8 sel/ml dan senyawa timbal asetat 25 ppm yaitu 10,4 sel/ml.

2. Kandungan pigmen klorofil pada mikroalga *Dunaliella* sp. Ekstraksi hari ke 5 (Fase Eksponensial) kontrol lebih tinggi dari konsentrasi 15 ppm dan 25 ppm, sedangkan ekstraksi hari ke 21 (Fase Kematian) konsentrasi 15 ppm lebih tinggi dari 25 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- 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*, 1(1), 41-49.
- Bawias, M., Kemer, K., Mantiri, D. M.H., Kumampung, D. R., Paransa, D. S., & Mantiri, R. (2018). Isolasi Pigmen Karotenoid Pada Mikroalga *Nannochloropsis* sp. Dengan Menggunakan Beda Pelarut. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 2(1), 1-8.
- Britton, G.S., dan H. Pfander. 1995. *Carotenoids*. Volume IB. Spectroscopy. Basel. Switzerland.
- Endrawati, H., Manulang, C., dan Widianingsih. (2012). Densitas dan Kadar Total Lipid Mikroalga *Spirulina platensis* yang Dikultur pada Fotoperioda yang Berbeda. *Buletin Oseanografi Marina*, 1, 33 - 38.
- Goodwin, T.W. 1988. *Plant Pigmen*. Academic Press Inc. San Diego. 363 hal.

- 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. *AAFL Bioflux* 13(2):849-856.
- 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.
- Masithah, E. D., Ningrum , N. A., & Sigit, S. (2011). Pengaruh Pemberian Bakteri *Bacillus pumilus* pada kotoran Sapi Sebagai Pupuk terhadap Jumlah Kandungan Klorofil *Dunaliella* salina. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 3(1), 53-59.
- Naria, E. (2005). Mewaspadaai Dampak Bahan Pencemar Timbal (Pb) Di lingkungan Terhadap Kesehatan. *Jurnal Komunikasi Penelitian*, 17(4), 66-72.
- Padang, A., Lestaluhu, A., dan Siding, R. (2018). Pertumbuhan Fitoplankton *Dunaliella* sp. dengan Cahaya Berbeda pada Skala Laboratorium. *Jurnal Agribisnis Perikanan*, 11(1): 1-7.
- Palar, H., 1994, Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat, hal 10-11; 74-75, Rineka Cipta, Jakarta.
- Puasa, S. E. 2017. Analisis Pertumbuhan Mikroalga *Botryococcus brauni* Dalam Wadah Terkontrol. Laporan Praktek Kerja Lapangan. Tidak dipublikasikan. FPIK Universitas Sam Ratulangi, Manado. 24 hal.
- Rahardjo, D. 2008. Mikroalga Sumber Energi Alternatif Masa Depan. <http://egamesbox.com/redirect.php?fid=5&tid=3432&goto=nextnewset>. Dikunjungi 16 februari 2019.
- Romihartono, K dan Juwana, S. 2005. *Biologi Laut*. Ilmu Pengetahuan Tentang Bioata Laut. Djembatan. Jakarta.
- Suminto. 2005. Budidaya Pakan Alami Mikroalga dan Rotifer. Universitas Diponegoro. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Buku Ajar Mata Kuliah Budidaya Pakan Alami. Hal 58-62.
- Wong, S.L., Wainwright., Pimenta. J. 1995. *Aquatic Toxicology*. Elsevier Science Inc; USA.