

**PERTUMBUHAN MIKROALGA *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. DAN  
*Dunaliella* sp. PADA MEDIA AIR LIMPASAN BUDIDAYA UDANG  
VANAME (*Litopenaeus vannamei*)**

**Skripsi**

**Oleh**

**SANTRIKA KHANZA**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

## ABSTRAK

### **PERTUMBUHAN MIKROALGA *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. DAN *Dunaliella* sp. PADA MEDIA AIR LIMPASAN BUDIDAYA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*)**

Oleh

**SANTRIKA KHANZA**

Penelitian ini bertujuan mengetahui pertumbuhan *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. yang dikultur pada air limpasan budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dan tiga ulangan, yaitu perlakuan A (100% air limpasan budidaya udang vaname sebagai media kultur *Nannochloropsis* sp.), B (100% air limpasan budidaya udang vaname sebagai media kultur *Tetraselmis* sp.) dan C (100% air limpasan budidaya udang vaname sebagai media kultur *Dunaliella* sp.). Parameter yang diamati meliputi kepadatan populasi *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp., nitrat, ortofosfat, pH, suhu, intensitas cahaya dan salinitas. Data parameter kepadatan puncak populasi *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. diuji menggunakan uji (ANOVA) dengan tingkat kepercayaan 95% data menunjukkan berpengaruh signifikan setelah itu dilanjutkan uji Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% data menunjukkan perlakuan A berbeda nyata terhadap perlakuan C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air limpasan budidaya udang vaname dapat dimanfaatkan sebagai media kultur mikroalga *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. dan mikroalga *Nannochloropsis* sp. merupakan mikroalga yang menghasilkan kepadatan tertinggi sebesar  $34,5 \times 10^4$  ind/mL.

**Kata Kunci:** *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp., *Dunaliella* sp., air limpasan, nitrat, fosfat

## ABSTRACT

### **GROWTH OF MICROALGAE *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. AND *Dunaliella* sp. IN VANAME SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*) CULTIVATION RUN OFF WATER**

By

**SANTRIKA KHANZA**

This research was aimed to find out growth of *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. and *Dunaliella* sp. that cultivated on vaname (*Litopenaeus vannamei*) cultivation run off water. Experimental design was used Completely Randomized Design (CRD) with three treatments and three replications, there were A (100% vaname cultivation run off water as *Nannochloropsis* sp. culture media), B (100% vaname cultivation run off water as *Tetraselmis* sp. culture media), and C (100% vaname cultivation run off water as *Dunaliella* sp. culture media). The observed parameters were density population of *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. and *Dunaliella* sp., nitrat, ortofosfat, pH, temperature, light intensity, and salinity. The parameters data of density population *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. and *Dunaliella* sp. was tested by ANOVA with 95% level of trust showed significantly affected, then continued Duncan's test with 95% level of trust showed A treatment significantly different for C treatment. The results showed that vaname cultivation run off water could be used as a microalgae culture medium of *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. and *Dunaliella* sp. and microalgae *Nannochloropsis* sp. is a microalgae that produces the highest density of  $34,5 \times 10^4$  ind/mL.

**Key words:** *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp., *Dunaliella* sp., run off water, nitrat, fosfat

**PERTUMBUHAN MIKROALGA *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. DAN  
*Dunaliella* sp. PADA MEDIA AIR LIMPASAN BUDIDAYA UDANG  
VANAME (*Litopenaeus vannamei*)**

**Oleh**

**SANTRIKA KHANZA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA PERIKANAN**

**Pada**

**Jurusan Perikanan dan Kelautan  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

Judul Skripsi : **PERTUMBUHAN MIKROALGA  
*Nannochloropsis sp.*, *Tetraselmis sp.* DAN  
*Dunaliella sp.* PADA MEDIA AIR LIMPASAN  
BUDIDAYA UDANG VANAME (*Litopenaeus  
vannamei*)**

Nama Mahasiswa : **Santrika Khanza**

No. Pokok Mahasiswa : 1514111025

Program Studi : Budidaya Perairan

Fakultas : Pertanian



**Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.**  
NIP 19640215 199603 2 001

**Herman Yulianto, S.Pi., M.Si.**  
NIP 19790718 200812 1 002

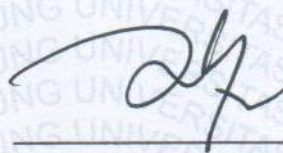
2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

**Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.**  
NIP 19640215 199603 2 001

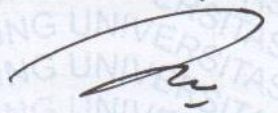
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

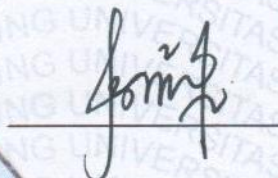
Ketua : **Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.**



Sekretaris : **Herman Yulianto, S.Pi., M.Si.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Berta Putri, S.Si., M.Si**



Dean Fakultas Pertanian

**Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**  
NIP 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **8 Oktober 2019**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana/Ahli Madya), baik di Universitas Lampung maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah, dengan naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya yang sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi ini.

Bandar Lampung, Oktober 2019



Santrika Khanza  
NPM. 1514111025

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada 26 Juli 1997 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, putri pasangan Bapak Rusalin Yahya dan Ibu Badiyah. Penulis menempuh jenjang pendidikan Sekolah Dasar Negeri (SDN) 2 Rawa Laut

Bandar Lampung, pada tahun 2003, kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 4 Bandar Lampung pada tahun 2009. Dan melanjutkan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMA) 1 Bandar Lampung pada tahun 2012.

Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) S-1 pada tahun 2015. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten dosen Ekologi Perairan pada tahun 2017 dan Teknologi Produksi Pakan Hidup pada tahun 2018 dan 2019. Selain itu, penulis juga aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (HIMAPIK). Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kampung Baru, Kecamatan Pematang Sawah, Tanggamus, Lampung pada Bulan Januari-Maret 2017 dan pada Juli-Agustus 2018 penulis melaksanakan Praktik Umum di Balai Layanan Usaha Produksi Perikanan Budidaya (BLUPPB), Karawang, Jawa Barat.



## **PERSEMBAHAN**

Atas Ridho Allah S.W.T dan dengan segala kerendahan hati

Kupersembahkan skripsiku ini kepada:

Ayahanda Rusalin Yahya

Ibunda Badiyah

Apa yang aku berikan tidak akan pernah mampu membalas kebaikan dan kasih sayang kalian, namun untuk saat ini hanya inilah yang dapat aku berikan dalam

bentuk penyelesaian kuliahku

Semoga ini bisa sedikit

Menghilangkan setumpuk rasa lelah yang mereka rasakan

Aamiin...

## **MOTTO**

*Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap  
(QS. Al-Insyirah, 6-8).*

*Tidak ada kesuksesan melainkan dengan pertolongan Allah  
(QS. Huud, 88)*

*Hidup ini seperti sepeda  
Agar tetap seimbang  
Kau harus terus bergerak  
(Albert Einstein)*

*Mulailah dari tempatmu berada.  
Gunakan yang kau punya.  
Lakukan yang kau bisa.  
(Arthur Ashe)*

## SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah S.W.T yang telah memberikan kesehatan, kekuatan dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan laporan penelitian yang berjudul “Pertumbuhan Mikroalga *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. Pada Media Air Limpasan Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)” dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- (2) Ibu Ir. Siti Hudaidah, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Lampung serta selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, dukungan, saran, dan motivasi sehingga proses penyelesaian skripsi berjalan dengan sebaik-baiknya.
- (3) Bapak Herman Yulianto, S.Pi., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan saran dan masukan selama penelitian sehingga mempermudah proses penyelesaian skripsi.

- (4) Ibu Berta Putri, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji yang telah sabar dan banyak memberikan masukan selama kegiatan dan penyusunan laporan penelitian.
- (5) Bapak Dr. Supono, S.Pi., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan nasihat, bimbingan dan motivasi selama menjalani studi.
- (6) Bapak dan Ibu dosen Jurusan Perikanan dan Kelautan yang telah memberikan ilmu dan motivasi selama menjalani studi di Jurusan Perikanan dan Kelautan.
- (7) Orang tuaku tersayang, Kakakku Galuh Ayu, Adikku Azzahra dan Xhalia yang selalu mendoakan dan memberi dukungan serta semangat yang tiada hentinya hingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini.
- (8) Mas Ngadiman Bambang S.I.Kom, R, Ibu Dwi dan Ibu Untari yang telah membantu dalam memfasilitasi selama proses penelitian.
- (9) Support system Toto Wiyatanto, Anggun, Merlinda, Rara, Azkha, Sevia, Anlian, Hendi, Bayu dan Agung yang menjadi penyemangat selama perkuliahan dan berbagi canda tawa.
- (10) Teman-teman Budidaya Perairan angkatan 2015, yang tidak dapat dituliskan satu persatu.

Bandar Lampung, Oktober 2019

Penulis,

**Santrika Khanza**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan .....	2
C. Manfaat Penelitian .....	2
D. Kerangka Pikir .....	3
E. Hipotesis .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
A. <i>Nannochloropsis</i> sp. ....	6
1. Klasifikasi .....	6
2. Morfologi .....	6
3. Habitat .....	7
4. Reproduksi .....	8
5. Manfaat .....	8
B. <i>Tetraselmis</i> sp. ....	9
1. Klasifikasi .....	9
2. Morfologi .....	9
3. Habitat .....	10
4. Reproduksi .....	11
5. Manfaat .....	11
C. <i>Dunaliella</i> sp. ....	12
1. Klasifikasi .....	12
2. Morfologi .....	12
3. Habitat .....	13
4. Reproduksi .....	14
5. Manfaat .....	15
D. Fase Pertumbuhan Mikroalga .....	15
1. Fase Adaptasi .....	16
2. Fase Eksponensial .....	16

3. Fase Penurunan Laju Pertumbuhan.....	16
4. Fase Stasioner .....	16
5. Fase Kematian .....	17
E. Kebutuhan N dan P untuk Pertumbuhan Mikroalga.....	18
1. Nitrat.....	18
2. Fosfat .....	18
F. Air Limpasan Budidaya Udang Vaname .....	19
G. Proses Fotosintesis .....	20
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
A. Waktu dan Tempat .....	23
B. Alat dan Bahan .....	23
C. Rancangan Penelitian .....	24
D. Prosedur Penelitian .....	25
1. Persiapan Wadah Kultur .....	26
2. Persiapan Inokulan Mikroalga .....	26
3. Persiapan Media .....	26
4. Penghitungan Kepadatan Awal dan Penebaran Inokulum Mikroalga ..	27
5. Penghitungan Kepadatan Populasi Mikroalga .....	28
6. Pengukuran Kadar Nitrat .....	28
7. Pengukuran Kadar Fosfat .....	29
E. Parameter Penelitian .....	30
1. Parameter Utama .....	30
2. Parameter Fisika dan Kimia Air .....	31
F. Analisis Data .....	31
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
A. Hasil .....	32
1. Pertumbuhan Populasi Harian Mikroalga .....	32
2. Kepadatan Puncak Populasi Mikroalga .....	34
3. Faktor Lingkungan .....	35
4. Nitrat dan Fosfat.....	36
B. Pembahasan .....	37
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>45</b>
A. Simpulan .....	45
B. Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat-alat yang digunakan selama penelitian .....	23
2. Bahan-bahan yang digunakan selama penelitian .....	24
3. Parameter kualitas air selama penelitian .....	35
4. Nitrat dan fosfat selama penelitian .....	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir .....	5
2. Mikroalga <i>Nannochloropsis</i> sp. ....	7
3. Mikroalga <i>Tetraselmis</i> sp. ....	10
4. Daur hidup dan cara reproduksi <i>Tetraselmis</i> sp.....	11
5. Mikroalga <i>Dunaliella</i> sp. ....	13
6. Proses reproduksi aseksual <i>Dunaliella</i> sp. ....	15
7. Fase pertumbuhan mikroalga .....	17
8. Skema mekanisme fotosintesis .....	21
9. Letak perlakuan penelitian .....	25
10. Pertumbuhan populasi harian mikroalga .....	32
11. Kepadatan puncak populasi mikroalga .....	34



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Analisis sidik ragam kepadatan mikroalga pada fase puncak .....	54
2. Prosedur pembuatan reagen nitrat .....	56
3. Prosedur pembuatan kurva kalibrasi nitrat .....	56
4. Prosedur pengukuran kandungan nitrat .....	57
5. Prosedur pembuatan reagen ortofosfat .....	58
6. Prosedur pembuatan kurva kalibrasi ortofosfat .....	59
7. Prosedur pengukuran kandungan ortofosfat .....	60
8. Perubahan warna kultur mikroalga selama penelitian .....	61
9. Stok inokulan dan media pemeliharaan .....	64
10. Penghitungan kepadatan mikroalga .....	65
11. Pengukuran kualitas air .....	66
12. Alat dan bahan penelitian .....	67

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Mikroalga berperan penting dalam akuakultur, karena digunakan sebagai pakan hidup untuk larva ikan dan udang, moluska, krustasea dan zooplankton. Sebagai pakan hidup mikroalga harus memenuhi beberapa kriteria, seperti mudah dibudidayakan, tidak bersifat toksik dan bernilai gizi tinggi (Raja *et al.*, 2007).

Kultur mikroalga dilakukan untuk memenuhi kebutuhan larva ikan dan udang dengan menggunakan pupuk sintesis seperti pupuk Walne dan Conway.

Penggunaan pupuk Conway sebagai media kultur mikroalga membutuhkan biaya yang cukup tinggi, sehingga perlu digunakan berbagai macam pupuk sebagai alternatif sebagai sumber nitrogen, fosfor, dan mikronutrien untuk mengurangi biaya dalam produksi mikroalga.

Selama budidaya udang, sekitar 25-30% nitrogen dan fosfor dalam pakan yang dimanfaatkan oleh udang dan sisanya terbuang ke perairan. Bahan organik diperairan berasal dari sisa pakan budidaya dan feses membusuk akan terakumulasi di dasar perairan dan mempengaruhi kualitas lingkungan perairan, menyebabkan perlu dilakukan pergantian air pada tambak. Proses pergantian air pada tambak dilakukan dengan pembuangan melalui bagian atas tambak, hasil pembuangan tersebut disebut juga air limpasan tambak. Kegiatan pergantian air pada tambak berdampak pada lingkungan dan ekosistem sekitarnya berupa

kandungan bahan organik, sehingga diperlukan pengelolaan agar kegiatan budidaya tetap berlangsung dan berkelanjutan (Saiya dan Katoppo, 2015).

Pemanfaatan air limpasan budidaya udang vaname yang kaya akan nutrisi menjadi salah satu alternatif sebagai media kultur fitoplankton. Nitrat dan fosfat merupakan nutrisi yang banyak terkandung dalam air limpasan budidaya udang vaname, dimana produksinya dipengaruhi oleh pakan buatan yang diberikan selama budidaya (Agis dan Wahyu, 2015). Persentase N dan P yang dilepaskan ke dalam lingkungan per tiap ton ikan pada sistem budidaya intensif berkisar 81,5% N dan 85,7% P dan yang tersimpan sebagai biomassa ikan hanya berkisar 18,5% N dan 14,3% P (Islam, 2005). Penelitian Tangguda *et al.* (2017) tentang pengaruh air limpasan tambak udang terhadap kepadatan sel *Chlorella* sp. menghasilkan kepadatan sel sebanyak 86.750 sel/mL. Mikroalga yang tumbuh pada air limpasan budidaya udang selain menghasilkan peningkatan biomassa juga berperan penting dalam dekomposisi limbah budidaya sehingga menurunkan beban cemaran.

## **B. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pertumbuhan *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. yang dikultur pada air limpasan budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

## **C. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang aplikasi air limpasan budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) sebagai media pertumbuhan *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. Data

tersebut dapat dijadikan sebagai acuan untuk memanfaatkan air limpasan budidaya udang vaname agar tidak terbuang begitu saja sebagai media pertumbuhan *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp.

#### **D. Kerangka Pikir**

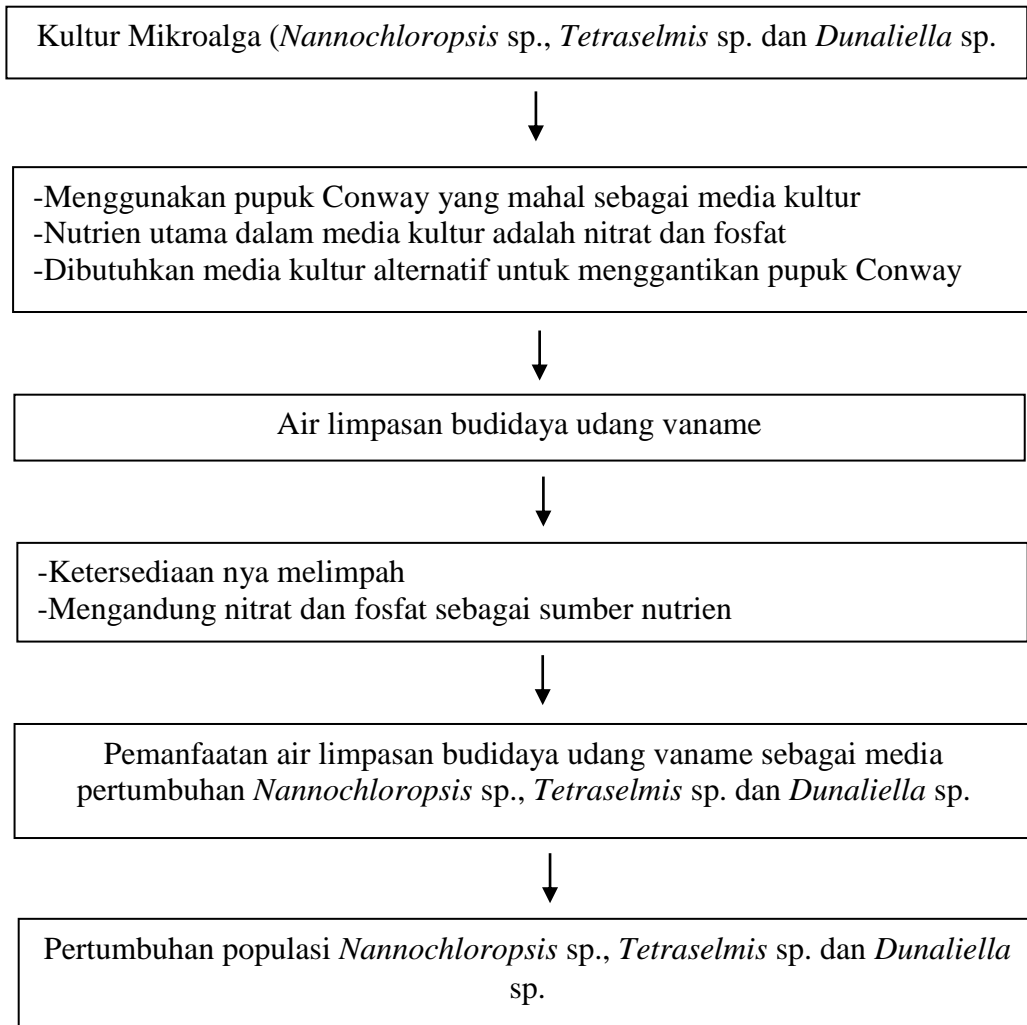
Pada kultur mikroalga penggunaan pupuk Conway membutuhkan biaya yang sangat tinggi, sehingga banyak digunakan berbagai macam pupuk sebagai sumber dari nitrogen, fosfor, dan mikronutrien sebagai alternatif untuk mengurangi biaya dalam produksi mikroalga. Penggunaan limbah cair yang mengandung nutrisi tinggi dapat menjadi salah satu alternatif media kultur mikroalga. Selain itu mikroalga merupakan salah satu organisme bioremediator yang dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan limbah. Mikroalga sebagai agen biologi akuatik yang dapat tumbuh dengan kondisi daya adaptasi yang kuat (Santoso *et al.*, 2011). Salah satu limbah cair yang ketersediaannya melimpah yaitu air limpasan budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Nitrat dan fosfat banyak terkandung di dalam air limpasan budidaya secara intensif, dimana produksinya dipengaruhi oleh pakan buatan (Agi dan Wahyu, 2015).

Nitrogen merupakan nutrisi utama yang dibutuhkan fitoplankton untuk mensintesis protein. Nitrogen yang dimanfaatkan fitoplankton berupa nitrogen yang terlarut di perairan dalam bentuk nitrat ( $\text{NO}_3$ ) (Effendi, 2003). Fosfor merupakan nutrisi utama lain yang berfungsi dalam penyimpanan dan transfer energi dalam sel (Cole, 1983). Fosfor yang dimanfaatkan oleh fitoplankton merupakan fosfat terlarut dalam bentuk ortofosfat (Rumhayati, 2010).

Perbandingan total nitrogen dan total fosfor di perairan yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroalga berkisar antara 10 : 1 sampai 20 : 1 (Grahame, 1987).

Perbandingan total nitrogen dan total fosfor sangat mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton di perairan. Sulastri *et al.* (2007) menyatakan bahwa, jika nilai rasio total N dan total P < 12 menunjukkan nitrogen merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton sedangkan rasio total N dan total P > 12 menunjukkan fosfor merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton.

Berdasarkan pengujian kualitas air limpasan budidaya udang vaname di Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung di dapatkan hasil kandungan nitrat pada limbah sebesar 0,929 mg/L dan kandungan fosfat pada limbah sebesar 0,936 mg/L. Hasil ini menunjukkan air limpasan budidaya udang vaname memiliki kandungan nutrisi untuk menunjang pertumbuhan mikroalga *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. Kerangka pikir penelitian ini dijelaskan secara sistematis melalui diagram alur pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pikir

### E. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

$H_0 = \tau_i = 0$ : Pemanfaatan air limpasan budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. ( $\alpha = 0,05$ ).

$H_1 = \tau_i \neq 0$  : Pemanfaatan air limpasan budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) berpengaruh terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. ( $\alpha = 0,05$ ).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. *Nannochloropsis* sp.

#### 1. Klasifikasi

Menurut Hibberd (1981) klasifikasi *Nannochloropsis* sp. adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Chromista
Super Divisi	: Eukaryotes
Divisi	: Chroniophyta
Kelas	: Eustigmatophyceae
Ordo	: Eustigmatales
Famili	: Monodopsidaceae
Genus	: <i>Nannochloropsis</i>
Spesies	: <i>Nannochloropsis</i> sp.

#### 2. Morfologi

Mikroalga *Nannochloropsis* sp. dikenal sebagai *Chlorella* laut yang memiliki nilai nutrisi sangat tinggi, mudah dikultur secara massal, tidak bersifat racun dan pertumbuhannya relatif cepat. Mikroalga *Nannochloropsis* sp. merupakan mikroalga hijau dengan sel menyerupai bola. Sel *Nannochloropsis* sp. memiliki diameter 2-4  $\mu\text{m}$  dan 2 flagel dimana salah satu flagelnya berambut tipis. Dinding sel *Nannochloropsis* sp. terbuat dari komponen selulosa (Fachrullah, 2011). Kloroplas pada *Nannochloropsis* sp. memiliki stigma (bintik mata) yang sensitif terhadap cahaya dan berfungsi untuk proses fotosintesis. Kloroplas menyerap

energi cahaya yang digunakan untuk melakukan fotosintesis dalam proses fiksasi CO<sub>2</sub> (Waggoner dan Speer, 1999).

Menurut Wahyuni (2001) morfologi sel *Nannochloropsis* sp. terbagi menjadi tiga kriteria yaitu : sel yang sehat memiliki dinding sel tidak bergerigi, inti sel berbentuk lonjong dengan warna hijau, pergerakan sel aktif dan tidak menggumpal. Sel yang sakit memiliki dinding sel bergerigi, inti sel berbentuk sabit dengan warna putih, pergerakan sel masih aktif dan tidak menggumpal. Dan sel yang rusak memiliki dinding sel bergerigi, inti sel berbentuk sabit dengan warna keputihan, sel tidak bergerak serta menggumpal. Berikut morfologi *Nannochloropsis* sp. dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mikroalga *Nannochloropsis* sp. (Garofalo, 2009)

### 3. Habitat

Mikroalga *Nannochloropsis* sp. banyak hidup di air laut, tawar dan tempat-tempat basah. Mikroalga ini melimpah di sepanjang pantai dan estuary di atas zona fotik dengan konsentrasi 10<sup>2</sup>-10<sup>4</sup> sel/cm<sup>3</sup> (Hu and Gao, 2003). Mikroalga *Nannochloropsis* sp. merupakan mikroalga yang dapat tumbuh dalam salinitas yang tinggi. Salinitas optimum untuk pertumbuhannya yaitu 25-35 ppt dengan



suhu optimal 25-30° C. Mikroalga ini dapat tumbuh pada pH asam dengan kisaran 8-9,5 tetapi tumbuh rendah pada pH 10,08 dan intensitas cahaya 100-1000 lux, *Nannochloropsis* sp. merupakan mikroalga yang paling efisien dalam memanfaatkan cahaya dan CO<sub>2</sub> untuk fotosintesis (Andersen, 2005).

#### **4. Reproduksi**

Mikroalga *Nannochloropsis* sp. berkembang biak secara aseksual dengan membelah diri dan membentuk autospora. Setiap sel yang masuk akan membelah diri dan menghasilkan dua sampai empat autospora. Setelah itu, autospora yang telah dihasilkan dibebaskan dari sel induk melalui penghancuran dinding sel dewasa dan berkembang mencapai ukuran sel induknya. Autospora merupakan spora non flagella yang berbentuk seperti sel induknya, dengan ukuran tubuh lebih kecil. Sumber nutrien yang mencukupi akan menghasilkan penggandaan sel *Nannochloropsis* sp. yang sangat cepat, pertumbuhan pada fitoplankton ditandai dengan bertambahnya jumlah sel pada fitoplankton (Barsanti and Gualtieri, 2006).

#### **5. Manfaat**

Mikroalga *Nannochloropsis* sp. merupakan salah satu mikroalga yang banyak digunakan sebagai pakan alami (*livefood*) untuk larva ikan atau udang dan juga zooplankton, rotifer dan Artemia (Sasmita, 2004). Kandungan vitamin B12 dan EPA *Nannochloropsis* sp. sebesar 31,42% dan total kandungan omega 3 HUFA sebesar 42,7%, serta mengandung protein 52,11%. Vitamin B12 sangat penting bagi pertumbuhan rotifer dan EPA sebagai nutrisi penting larva dan juvenil ikan laut (Rodriguez, 1997). Selain itu biomassa *Nannochloropsis* sp. dapat digunakan sebagai biosorben logam berat karena memiliki kemampuan absorbs yang

disebabkan adanya gugus aktif yang terkandung didalamnya (Sembiring *et al.*, 2008).

## **B. *Tetraselmis* sp.**

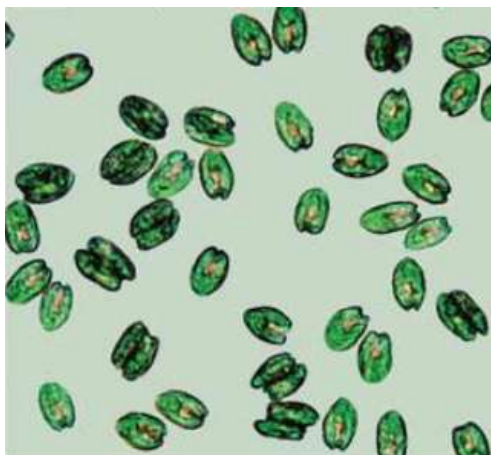
### **1. Klasifikasi**

Klasifikasi *Tetraselmis* sp. menurut Butcher (1959) adalah sebagai berikut :

Filum : Chlorophyta  
Kelas : Chlorophyceae  
Ordo : Volvocales  
Sub Ordo : Chlamidomonacea  
Genus : *Tetraselmis*  
Spesies : *Tetraselmis* sp.

### **2. Morfologi**

Mikroalga *Tetraselmis* sp. merupakan mikroalga berwarna hijau karena memiliki klorofil. Pigmen klorofil pada mikroalga ini terdiri dari macam yaitu karoten dan xantofil. Mikroalga *Tetraselmis* sp. memiliki bentuk sel oval dengan empat buah flagella dan mikroalga bersel tunggal. Flagella pada *Tetraselmis* sp. berukuran 0,75-1,2 kali panjang tubuhnya dengan ukuran sel berkisar antara 7-12  $\mu\text{m}$  yang cukup besar dibanding mikroalga lain seperti *Nannochloropsis* sp. Dinding sel *Tetraselmis* sp. mengandung bahan selulosa dan pektosa (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Selain berfungsi sebagai pakan alami, *Tetraselmis* sp. memiliki potensi sebagai sumber bahan baku pembuatan biodiesel karena memiliki kandungan minyak sekitar 15-23% (Chisti, 2007). Berikut morfologi *Tetraselmis* sp. dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mikroalga *Tetraselmis* sp. (Garofalo, 2009)

### 3. Habitat

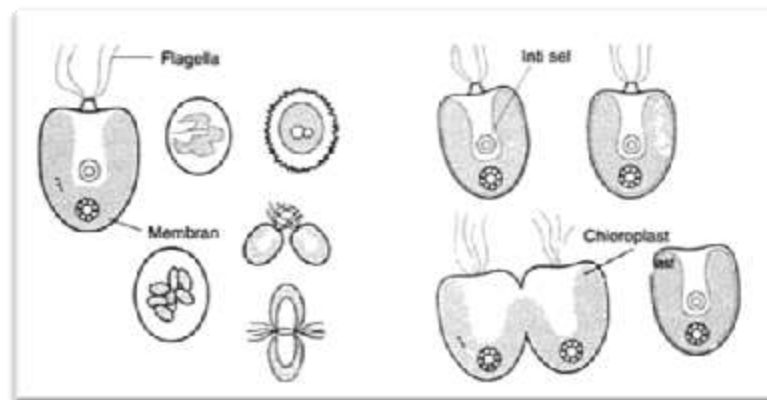
Menurut Redjeki dan Ismail (1993), *Tetraselmis* sp. dapat tumbuh pada media dengan syarat suhu terbaik antara 23-25° C, pH 7-8, salinitas 25-35 ppt dan intensitas cahaya 3000-10.000 lux. Mikroalga *Tetraselmis* sp. banyak dimanfaatkan sebagai pakan hidup zooplankton rotifera, larva ikan, udang, kepiting dan tiram. Budidaya fitoplankton ini dapat dilakukan di luar ruangan dengan media air laut berkadar garam 20 ppt dan diberi pencahayaan sinar matahari serta pupuk yang memenuhi kebutuhan nutrisi fitoplankton tersebut.

Mikroalga *Tetraselmis* sp. banyak hidup pada zona eufotik, dimana intensitas cahaya masih didapat untuk melakukan proses fotosintesis. Mikroalga *Tetraselmis* sp. merupakan organisme yang sangat peka terhadap perubahan lingkungan. pH yang sesuai untuk kultur fitoplankton ini yaitu 7-8 dengan rentang optimum 8,2-8,7 (Barsanti dan Gualtieri, 2006). Kepadatan optimum sel *Tetraselmis* sp. berkisar antara 500-1000 x 10<sup>4</sup> sel/mL (Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut, 2007).

#### 4. Reproduksi

Mikroalga *Tetraselmis* sp. berkembang biak secara aseksual dan seksual.

Reproduksi aseksual dilakukan dengan membelah protoplasma menjadi 2, 4 dan 8 sel menjadi bentuk zoospore yang dilengkapi dengan 4 buah flagella pada masing-masing sel. Sedangkan reproduksi secara seksual, setiap sel memiliki gamet identik (isogami) kemudian bertemunya gamet jantan dan gamet betina (konjugasi) menghasilkan zigot yang sempurna. Pertumbuhan pada fitoplankton ditandai dengan bertambah besarnya ukuran sel dan bertambah banyaknya jumlah sel (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Berikut daur hidup dan cara reproduksi *Tetraselmis* sp. dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Daur hidup dan carareproduksi *Tetraselmis* sp. (Rostini, 2007)

#### 5. Manfaat

Mikroalga *Tetraselmis* sp. salah satu mikroalga yang banyak digunakan sebagai pakan larva ikan, larva udang, larva teripang, ikan hias dan non ikan serta digunakan dalam pemeliharaan larva ikan laut dengan sistem *green water*. Mikroalga ini juga dapat digunakan sebagai pakan untuk memproduksi *Brachionus plicalitis* secara massal. Kandungan protein pada *Tetraselmis* sp.

sebesar 48,42%, karbohidrat 20,71% dan lemak 9,70% (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Menurut Fulks dan Main (1991) kultur massal mikroalga *Tetraselmis* sp. tidak menimbulkan sifat toksik dan memiliki kandungan antibiotik.

### **C. *Dunaliella* sp.**

#### **1. Klasifikasi**

Klasifikasi *Dunaliella* sp. menurut Sakthivel *et al.* (2011) adalah sebagai berikut :

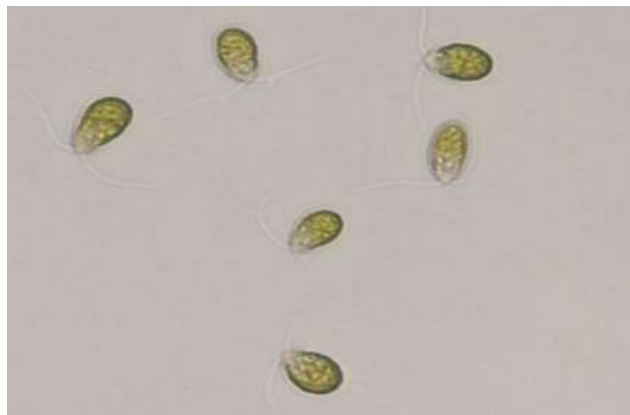
Kingdom : Plantae  
Filum : Chlorophyta  
Kelas : Chlorophyceae  
Ordo : Volvocales  
Family : Dunaliellaceae  
Genus : *Dunaliella*  
Spesies : *Dunaliella* sp.

#### **2. Morfologi**

Mikroalga *Dunaliella* sp. memiliki bentuk sel yang bervariasi, seperti elips, bulat dan silinder serta mempunyai dua flagella yang sama panjang (Ben-Amotz *et al.*, 2009). Bentuk sel pada *Dunaliella* sp. tergantung pada konsentrasi kadar garam lingkungan hidupnya. Pada kondisi lingkungan yang ekstrim bentuk sel *Dunaliella* sp. akan menjadi bulat seperti bola. Hal ini disebabkan karena *Dunaliella* sp. tidak memiliki dinding sel yang kaku sehingga ukuran sel dapat dengan mudah berubah akibat tekanan osmotik dari lingkungan hidupnya (Lamers, 2011).

Mikroalga ini termasuk dalam mikroalga uniseluler yang bersifat halofilik yang artinya mampu hidup dalam lingkungan yang memiliki kadar garam tinggi.

Mikroalga *Dunaliella* sp. memiliki panjang 2-28  $\mu\text{m}$  dan lebar 1-15  $\mu\text{m}$  (Smith *et al.*, 2010). Sel *Dunaliella* sp. dapat mengalami pembengkakan dan penyusutan saat kondisi salinitas yang tidak sesuai, untuk mempertahankan diri dari kondisi tersebut *Dunaliella* sp. akan memproduksi gliserol dan karotenoid (Ramos *et al.*, 2011). Menurut Shariati dan Hadi (2011), *Dunaliella* sp. merupakan fitoplaknton yang mampu menghasilkan pigmen  $\beta$ - karoten dalam jumlah besar di bagian kloroplas. Berikut morfologi *Dunaliella* sp. dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Mikroalga *Dunaliella* sp. (www.bio.utexas, 2009)

### 3. Habitat

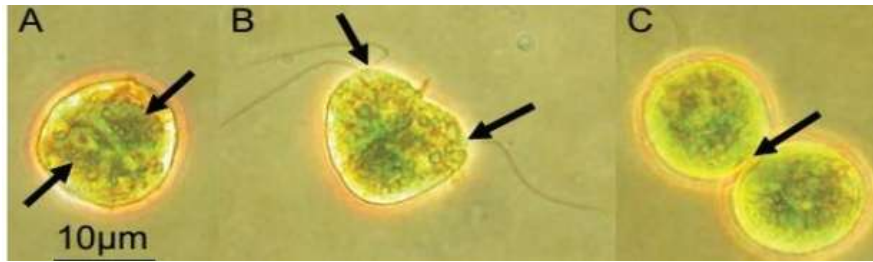
Mikroalga *Dunaliella* sp. banyak ditemukan pada perairan laut, danau dan rawa. Salinitas yang optimum untuk pertumbuhan mikroalga ini berkisar antara 20-35 ppt. Selain bersifat halofilik, *Dunaliella* sp. juga bersifat *eurythermal* yaitu dapat bertahan pada kisaran suhu yang lebar. Mikroalga ini dapat bertahan pada suhu rendah hingga di bawah titik beku sampai suhu 40° C. Suhu optimal untuk pertumbuhan mikroalga ini yaitu antara 10-30° C dengan pH 9-10. Pada kondisi

pH 9 adalah kondisi yang optimal untuk memproduksi  $\beta$ -karoten pada *Dunaliella* sp. (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Pital dan Lele (2008) menjelaskan bahwa intensitas cahaya yang optimal untuk pertumbuhan *Dunaliella* sp. adalah 800-1200 lux.

#### **4. Reproduksi**

Proses reproduksi pada *Dunaliella* sp. dibagi menjadi dua yaitu secara seksual dan aseksual. Reproduksi secara seksual terjadi jika adanya perubahan kondisi lingkungan sedangkan reproduksi aseksual terjadi pada kondisi normal. Proses reproduksi aseksual dimulai pada tahap pembelahan sel pada inti sel yang memiliki pyrenoid dan sepasang flagella, selanjutnya terjadinya penggandaan pyrenoid, kloroplas dan inti sel. Pada proses pembelahan sel belum seutuhnya memisah, karena kedua sel anak masih melekat pada membran sel sampai flagella memanjang dan sitoplasma memisahkan sel anak. Kemudian dua sel anak telah memiliki flagella dan stigma (Borowitzka and Siva, 2007).

Proses reproduksi seksual terjadi dengan cara isogami melalui konjugasi. Zigot yang berwarna hijau atau merah dikelilingi oleh dinding sporollenin yang halus dan tipis, kemudian nukleus zigot akan membelah secara meiosis. Pada proses ini akan terbentuk lebih dari 32 sel yang keluar melalui celah dinding sel induk (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Berikut proses reproduksi aseksual *Dunaliella* sp. dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses reproduksi aseksual *Dunaliella* sp. (Ben-Amotz *et al.*, 2009)

Keterangan :

A. Penggandaan kloroplas.

B. Pembelahan sel yang masing-masing memiliki sepasang flagella.

C. Dua sel anak masih melekat pada membran plasma.

## 5. Manfaat

Mikroalga *Dunaliella* sp. merupakan kelompok alga hijau yang memiliki kandungan protein, lemak dan karbohidrat sebagai sumber pakan yang baik untuk berbagai larva ikan atau udang, serta zooplankton (Becker, 2007). Mikroalga ini menghasilkan pigmen klorofi, karotenoid,  $\beta$ -karoten, asam amino, asam lemak dan gliserol. Klorofil a dapat digunakan sebagai pewarna pada bidang farmasi dan produk kesehatan (Ferruzi, 2007). Karatenoid dimanfaatkan dalam bidang industri pangan sebagai zat pewarna aditif, antioksidan, sebagai pro-vitamin A, obat antikanker, obat anti-aging, dan sistem imun (Russell, 2002).

### D. Fase Pertumbuhan Mikroalga

Menurut Kawaroe *et al.* (2010) pola pertumbuhan mikroalga pada sistemkultivasi terbagi menjadi 5 tahapan yaitu : fase adaptasi (*lag phase*), fase eksponensial (*log phase*), fase stasioner, fase penurunan laju pertumbuhan (*declining growth*) dan fase kematian (*death phase*).



### **1. Fase Adaptasi**

Fase ini merupakan fase dimana terjadinya penambahan kelimpahan mikroalga dalam jumlah sedikit. Fase adaptasi, mikroalga melakukan penyesuaian sel terhadap lingkungan baru. Pada fase ini, sel mengalami defisiensi enzim atau koenzim, sehingga harus disintesis dahulu untuk berlangsungnya aktivitas biokimia sel selanjutnya. Pada fase lag, populasi mikroalga tidak mengalami perubahan, tetapi ukuran sel meningkat. Proses fotosintesis masih aktif tetapi belum terjadi pembelahan sel sehingga kepadatannya belum meningkat (Brock dan Madigan, 1991).

### **2. Fase Eksponensial**

Fase eksponensial merupakan fase pertumbuhan lanjut setelah mikroalga mengalami fase lag. Pada fase eksponensial mikroalga mengalami penambahan biomassa secara cepat sehingga lebih banyak membutuhkan energi dari pada fase lainnya dan sangat sensitif terhadap keadaan lingkungannya (Vonshak *et al.*, 2004).

### **3. Fase Penurunan Laju Pertumbuhan**

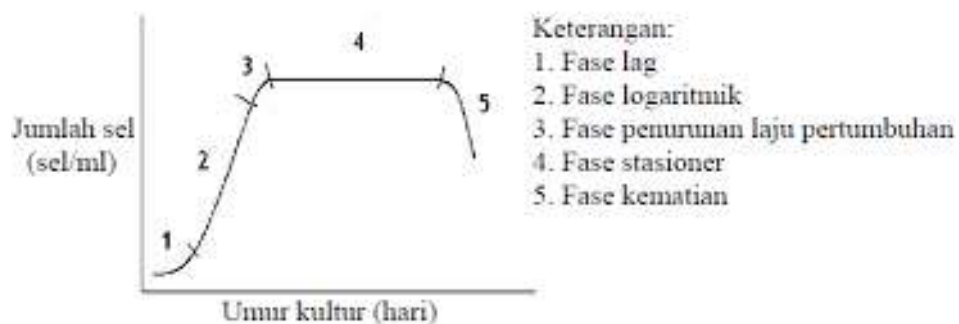
Fase penurunan pertumbuhan terjadi dengan ditandai adanya pengurangan kecepatan pertumbuhan sampai sama seperti fase awal pertumbuhan. Pada fase ini kondisi sel mikroalga tidak mengalami penambahan sel, karena berkurangnya nutrisi dalam media (Lavens and Sorgeloos, 1996).

#### 4. Fase Stasioner

Fase stasioner merupakan fase dimana pertumbuhan mikroalga terjadi secara konstan akibat dari keseimbangan katabolisme dan anabolisme di dalam sel. Pada fase ini nutrisi dalam sel mikroalga rendah dan terjadinya penurunan pertumbuhan. Hal ini disebabkan karena terbatasnya kandungan nitrat pada media kultur yang mengakibatkan kandungan karbohidrat meningkat hingga dua kali lipat dari kandungan protein (Brown *et al.*, 1997).

#### 5. Fase Kematian

Fase kematian disebabkan oleh adanya perubahan kualitas air ke arah yang buruk, penurunan kandungan nutrisi dalam media kultur dan kemampuan metabolisme mikroalga yang menurun karena umur yang sudah tua. Fase ini ditandai dengan banyaknya mikroalga mengalami kematian, dibandingkan terjadinya pertumbuhan sel. Warna air pada media kultur berubah, terdapat buih dipermukaan media kultur dan warna yang pudar serta gumpalan mikroalga yang mengendap di dasar wadah kultur (Lavens and Sorgeloos, 1996). Berikut fase pertumbuhan mikroalga dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Fase pertumbuhan mikroalga (Lavens dan Sorgeloos, 1996)

## **E. Kebutuhan Nitrat dan Fosfat untuk Pertumbuhan Mikroalga.**

### **1. Nitrat**

Salah satu senyawa nitrogen yang penting bagi pertumbuhan mikroalga adalah senyawa nitrat. Nitrat merupakan senyawa yang bersifat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Nitrogen tidak dapat dimanfaatkan langsung oleh mikroalga, nitrogen diperairan harus mengalami proses fiksasi terlebih dahulu menjadi ammonia ( $\text{NH}_3$ ), ammonium ( $\text{NH}_4^-$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Nitrogen merupakan unsur yang terpenting bagi pertumbuhan mikroalga, nitrogen berfungsi sebagai penghasil asam amino dan penyusun protein (Campbell *et al.*, 2003). Kandungan nitrogen yang tinggi dalam media tumbuh fitoplankton akan menghasilkan fitoplankton dengan kandungan protein yang tinggi (Suminto, 2009).

Perbandingan total nitrogen dan total fosfor yang diperlukan untuk pertumbuhan fitoplankton berkisar antara 10 : 1 sampai 20 : 1 (Grahame, 1987).

### **2. Fosfat**

Fosfor merupakan nutrisi utama dalam kultur mikroalga, bentuk utama mikroalga dalam menyerap fosfor adalah dalam bentuk senyawa ortofosfat (Effendi, 2003).

Mikroalga dapat menggunakan fosfor yang disimpan di dalam sel secara intraseluler dalam bentuk polifosfat. Cadangan fosfor di dalam sel mikroalga berfungsi sebagai pertumbuhan mikroalga dan pemeliharaan populasi mikroba. Fosfor juga berperan penting dalam penyimpanan dan transfer energi dalam sel (Cole, 1983).

Menurut Wardhana (1994) kadar fosfor optimal untuk pertumbuhan fitoplankton berkisar antara 0,27-5,51 mg/L. Berdasarkan penelitian Putri dkk. (2014) setiap

kenaikan 0,1 mg/L total nitrogen dan total fosfor akan menaikkan kelimpahan *Chrysophyta* sebesar 406,373 ind/L. Nitrogen dan fosfor berfungsi sebagai penyusun senyawa protein dalam sel mikroalga, kekurangan kedua unsur senyawa tersebut menyebabkan penurunan kandungan protein pada mikroalga (Borowitzka, 1994).

#### **F. Air Limpasan Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)**

Budidaya udang merupakan salah satu sektor perikanan yang menghasilkan keuntungan ekonomi tinggi. Pada proses kegiatan budidaya udang menimbulkan efek yang berlawanan dengan lingkungan dan ekosistem, seperti tanah, perairan pantai, flora dan fauna. Pengelolaan budidaya yang baik sangat dibutuhkan untuk mendukung aktivitas budidaya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

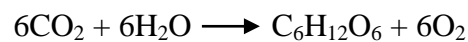
Kegiatan budidaya, baik ekstensif maupun intensif, harus bersifat ramah lingkungan (Saiya dan Katoppo, 2015). Nur (2011) menyatakan bahwa hasil limbah akuakultur terdiri dari padatan dan terlarut, dimana padatan yang berbentuk residu pakan, feses ikan dan kotoran bakteri sedang terlarut dalam bentuk amonia, urea, karbondioksida, fosfor dan hidrogen sulfida.

Berdasarkan pengujian kualitas air limpasan budidaya udang vaname di Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung di dapatkan hasil kandungan nitrat pada air limpasan sebesar 0,929 mg/L dan kandungan fosfat pada air limpasan sebesar 0,936 mg/L. Limbah cair tersebut masih mengandung unsur hara yang dapat digunakan, salah satunya sebagai media kultur mikroalga. Berdasarkan penelitian Azizah dkk. (1998) penggunaan air limpasan budidaya

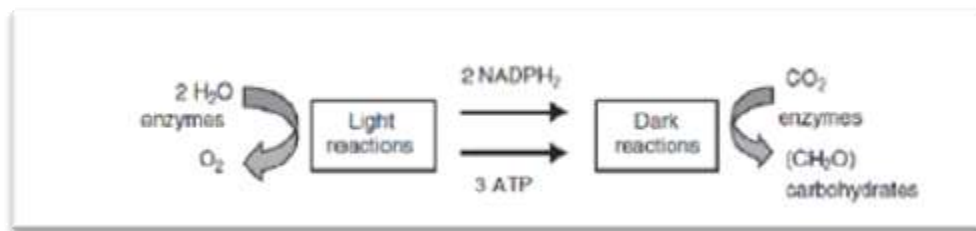
udang sebagai media kultur *Spirulina* sp. menghasilkan kepadatan *Spirulina* yang tinggi yaitu sebesar 12.513.300 ind/mL.

### **G. Proses Fotosintesis**

Fotosintesis adalah proses perubahan zat-zat anorganik berupa H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> oleh klorofil menjadi zat-zat organik karbohidrat dengan bantuan cahaya matahari. Dalam proses ini, tanaman menangkap cahaya menggunakan pigmen klorofil yang disebut juga kloroplas yang memberi warna hijau pada tanaman. Proses fotosintesis dinyatakan dengan persamaan reaksi kimia sebagai berikut (Dwijoseputro, 1980) :



Fotosintesis merupakan proses konversi energi sinar matahari, dimana senyawa anorganik dan energi cahaya dikonversi menjadi senyawa organik oleh organisme fotoautotrof. Fotosintesis digambarkan sebagai reaksi reduksi oksidasi yang dikendalikan oleh energi cahaya yang diserap oleh klorofil. Kemudian karbon dioksida dan air dikonversi menjadi karbohidrat dan oksigen. Proses konversi tersebut dibagi menjadi dua tahap, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap. Pada tahap reaksi terang, berlangsung dalam membran fotosintensis, energi cahaya dikonversi menjadi energi kimia yang terdiri dari NADPH<sub>2</sub> dan ATP. Kemudian pada tahap reaksi gelap berlangsung dalam stroma, NADPH<sub>2</sub> dan ATP dimanfaatkan sebagai reduktor biokimia untuk mengubah karbon dioksida menjadi karbohidrat (Abudrrachman dkk., 2013). Berikut skema mekanisme proses fotosintesis dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Skema mekanisme fotosintesis (Abdurrachman dkk., 2013)

Laju fotosintesis pada tumbuhan berbeda-beda yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

#### 1. Intensitas cahaya

Semakin banyak cahaya, laju fotosintesis akan mencapai titik maksimum.

Menurut Lakitan (1993) fiksasi karbondioksida maksimum terjadi pada tengah hari, saat intensitas cahaya mencapai puncaknya. Intensitas cahaya yang rendah akan mengurangi laju fotosintesis pada tumbuhan.

#### 2. Konsentrasi karbondioksida

Konsentrasi karbondioksida yang meningkat dapat memacu laju fotosintesis, konsentrasi karbondioksida dapat meningkatkan produksi biomassa dan meningkatkan efisiensi penangkapan karbon pada tumbuhan.

#### 3. Suhu

Pengaruh suhu terhadap proses fotosintesis tergantung pada jenis tumbuhan dan kondisi lingkungan tumbuhnya. Suhu optimum untuk fotosintesis yaitu suhu pada siang hari di habitat asal tumbuhan tersebut.

#### 4. Kadar air

Kadar air yang rendah menyebabkan klorofil pada tumbuhan menutup yang menghambat penyerapan karbondioksida dan berkurangnya laju fotosintesis.

Intensitas cahaya berperan penting dalam proses fotosintesis. Proses fotosintesis pada mikroalga terjadi dengan memanfaatkan energi cahaya untuk mengasimilasi karbon anorganik yang akan dikonversi menjadi materi organik. Fotosintesis pada mikroalga merupakan proses pembentukan glukosa dan oksigen pada organisme yang memiliki klorofil. Glukosa digunakan sebagai substrat respirasi seluler. Pada proses glikolisis, glukosa akan dipecah menjadi piruvat yang kemudian didekarboksilasi menghasilkan asetil Koenzim A dan melalui siklus Krebs untuk memproduksi ATP. Pada mikroalga ATP digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan sel (Campbell dkk., 2002).

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April - Mei 2019 di Laboratorium Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

#### B. Alat dan Bahan

##### 1. Alat

Tabel 1. Alat-alat yang digunakan selama penelitian

Nama Alat	Ukuran/Jumlah	Keterangan
Botol kaca	500 mL/9 buah	Wadah kultur mikroalga
Selang aerasi	15 meter	Alat penghubung blower
Blower	1 buah	Suplai oksigen
Aluminium foil	1 pack	Penutup botol kaca
Lampu TL	36 watt	Sumber cahaya mikroalga
Autoklaf	1 buah	Sterilisasi alat dan bahan
Mikroskop	1 buah	Untuk mengamati mikroalga
Botol film	100 cc/20 buah	Wadah sampel
<i>Haemocytometer</i>	10 <sup>4</sup> sel/mL	Alat untuk menghitung kepadatan mikroalga
<i>Handtally counter</i>	1 buah	Alat bantu menghitung kepadatan mikroalga
Pipet tetes	15 buah	Alat mengambil sampel
Pipet volumetrik	10 mL, 1 buah	Alat untuk memindahkan cairan
Corong kaca	9 buah	Alat untuk memasukkan sampel ke wadah
Erlenmeyer	250 mL, 6 buah	Wadah sampel pengukuran kualitas air
Kertas saring	1 pack	Untuk menyaring sampel
Tissue	1 roll	Untuk membersihkan
Labu ukur	50 mL, 5 buah	Wadah sampel pengukuran kualitas air
Spektrofotometer	1 buah	Mengukur absorbansi
Suhu meter	1° C, 1 buah	Mengukur suhu
pH meter	1 buah	Mengukur pH
Refraktofotometer	1 buah	Mengukur salinitas
Lux meter	1 buah	Mengukur intensitas cahaya



## 2. Bahan

Tabel 2. Bahan-bahan yang digunakan selama penelitian

Nama Bahan	Keterangan
Bibit <i>Nannochloropsis</i> sp., <i>Tetraselmis</i> sp., dan <i>Dunaliella</i> sp.	Dengan kepadatan $10^4$ ind/mL
Air laut steril	5 L
Air limpasan budidaya udang vaname	10 L
Pupuk Conway	50 mL
Pupuk Walne	25 mL
Aquades	10 L
Alkohol 70%	3 L
Formalin 4 %	15 mL
Sodium arsenite	0,05 mL
Brucine	0,25 mL
Asam asetat glacial	50 mL
Larutan baku nitrat	2,25 mL
Indikator pp	0,05 mL
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pekat	0,15 mL
Kalium antimonil tartrat	20 mL
Ammonium molibdat	60 mL
Asam askorbat 0,1 m	120 mL
Larutan standar fosfat	20 mL

## C. Rancangan Penelitian

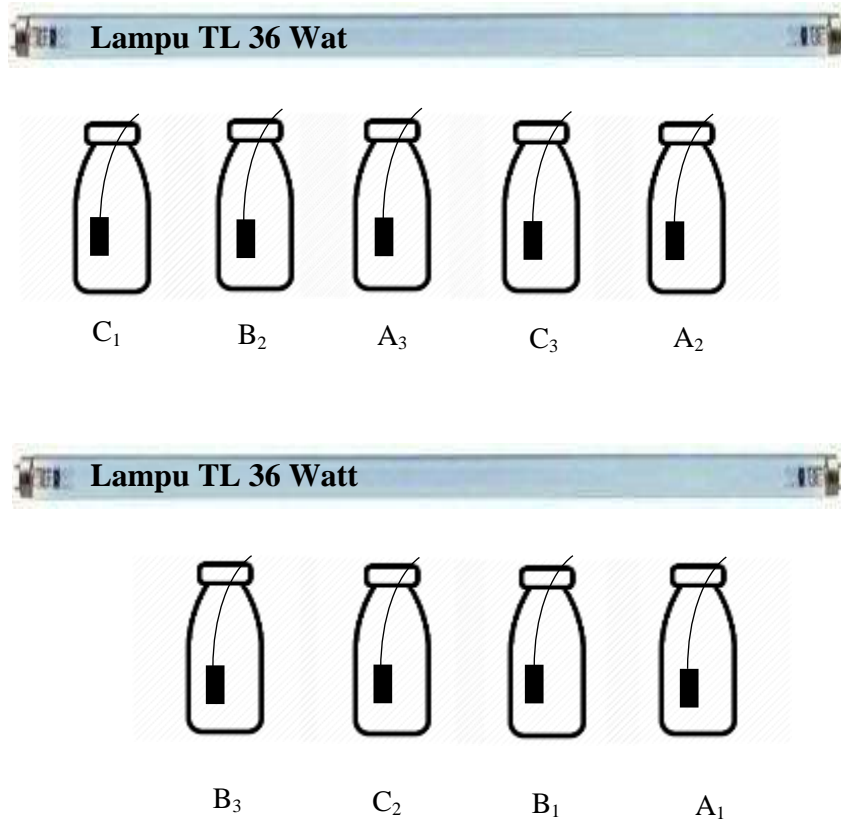
Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL).

Perlakuan yang digunakan pada penelitian terdiri dari 3 perlakuan dan 3 ulangan.

Perlakuan berupa penggunaan air limpasan budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) sebagai media kultur mikroalga, yaitu sebagai berikut:

- Perlakuan A = 100 % air limpasan budidaya udang vaname steril sebagai media kultur *Nannochloropsis* sp.
- Perlakuan B = 100 % air limpasan budidaya udang vaname steril sebagai media kultur *Tetraselmis* sp.
- Perlakuan C = 100 % air limpasan budidaya udang vaname steril sebagai media kultur *Dunaliella* sp.
- Rancangan perlakuan penelitian dapat dilihat pada Gambar 9.

- Skema letak perlakuan penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 9. Letak perlakuan penelitian

#### D. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi tujuh tahapan yaitu tahap persiapan wadah kultur, persiapan inokulan *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp., persiapan media kultur, penghitungan kepadatan awal dan penebaran inokulum *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp., penghitungan kepadatan populasi *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp., pengukuran kadar nitrat dan pengukuran kadar fosfat. Berikut tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian:

### **1. Persiapan Wadah Kultur**

Wadah kultur disterilisasi secara kimia dengan menggunakan klorin dengan dosis 10 mg dalam 1 Liter air kemudian ditunggu selama 24 jam. Selanjutnya wadah dibungkus dengan aluminium foil dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121° C, tekanan 1 atm selama 15 menit. Hal itu dilakukan dengan tujuan mensterilkan dari kontaminan yang dapat mempengaruhi hasil penelitian. Peralatan yang tidak tahan panas disterilkan menggunakan larutan klorin dengan dosis 10 mg dalam 1 liter air kemudian ditunggu selama 24 jam, kemudian dibilas dengan air tawar hingga bersih dan bau klorin hilang.

### **2. Persiapan Inokulan Mikroalga *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp.**

Persiapan inokulan mikroalga *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp., diawali dengan menyiapkan toples kaca berukuran 3 Liter yang diisi dengan air laut sebanyak 2 Liter dan pupuk Conwy sebanyak 2 mL (dosis 1 mL/L) untuk mikroalga *Nannochloropsis* sp. dan *Tetraselmis* sp., kemudian pupuk Walne untuk mikroalga *Dunaliella* sp. ditambahkan sebanyak 2 mL (dosis 1 mL/L). Kemudian bibit inokulan ditambahkan sebanyak 200-400 mL (10-20% dari volume air) dan di aerasi, diberi tutup pada toples serta dikultur selama 5 hari sehingga mikroalga siap digunakan sebagai stok inokulan skala laboratorium.

### **3. Persiapan Media**

Tahapan dari persiapan media :

1. Wadah kultur mikroalga dengan volume 500 mL disiapkan.
2. Air limpasan budidaya udang vaname yang telah disterilisasi dimasukkan

kedalam wadah kultur sesuai dengan konsentrasi 100% air limpasan.

3. Lampu TL 36 watt dipasang dengan intensitas rata-rata 3500 lux, sebagai sumber cahaya selama kultur mikroalga.
4. Media kultur diberi aerasi dan bibit *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. dimasukkan dengan kepadatan  $10^4$  individu/mL (Utomo *et al.*, 2005).

#### **4. Penghitungan Kepadatan Awal dan Penebaran Inokulum Mikroalga (*Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp.)**

Mikroalga *Nannochloropsis* sp. dan *Tetraselmis* sp., diperoleh dari Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung sedangkan *Dunaliella* sp. diperoleh dari Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara. Penghitungan Kepadatan awal *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. dilakukan untuk mengetahui volume awal inokulum yang akan dimasukkan dalam botol kultur. Kepadatan individu awal dihitung menggunakan *Haemocytometer* dengan mengambil sampel sebanyak 10 mL. Inokulum *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. dimasukkan ke dalam setiap botol kultur dengan kepadatan  $10^4$  ind/mL. Penghitungan volume bibit mikroalga untuk kultur menggunakan rumus (Edhy dkk, 2003):

$$V1 = \frac{N2 \times V2}{N1}$$

Keterangan :

V1 = Volume bibit untuk penebaran awal (mL)

N1 = Kepadatan bibit plankton (individu/mL)

V2 = Volume media kultur yang dikehendaki (mL)

N2 = Kepadatan bibit plankton yang dikehendaki (individu/ mL)

## **5. Penghitungan Kepadatan Populasi Mikroalga (*Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp.)**

Pertumbuhan populasi dihitung dengan cara menghitung jumlah unit mikrolaga (*Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp.). Perhitungan dilakukan dengan menggunakan *Haemocytometer* dan *Handtally Counter* untuk memudahkan perhitungan. Perhitungan kepadatan mikroalga dilakukan setelah 24 jam penebaran awal setiap hari selama 15 hari. Perhitungan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan dengan meneteskan 1 mL sampel pada bagian parit melintang *Haemocytometer* hingga penuh setelah itu diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 10x. Kepadatan mikroalga dihitung dengan rumus (Adil, 2001) :

$$k = n \times p \times 2500$$

Keterangan :

k = Kepadatan sel mikroalga (individu/mL)

n = Jumlah total sel

p = Tingkat pengenceran yang digunakan

## **6. Pengukuran Kadar Nitrat**

Pengukuran kadar nitrat dilakukan menggunakan metode SNI 06-2480-1991 tentang metode pengujian kadar nitrat dalam air menggunakan spektrofotometer secara brusin sulfat. Metode ini digunakan untuk mengetahui besarnya kadar nitrat dalam media kultur air limpasan budidaya udang vaname secara brusin

sulfat dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm. Analisis nitrat dilakukan pada awal dan akhir selama penelitian. Tahapan pengukuran kadar nitrat, yaitu:

- (1) Sampel air yang telah disaring dengan kertas Whatman No 42 diambil sebanyak 5 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi.
- (2) Sodium arsenit sebanyak 1 tetes, brucine 0,25 mL, asam sulfat 5 mL ditambahkan ke dalam sampel air.
- (3) Kemudian diaduk dan didiamkan selama 10 menit.
- (4) Larutan dimasukkan kedalam kuvet pada alat spektrofotometer, dibaca dan dicatat serapannya. Hasil pengukuran dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Nitrat} = C \times Fp$$

Keterangan:

C : Nilai absorbansi (A)

Fp : Faktor pengenceran

## **7. Pengukuran Kadar Fosfat**

Pengukuran kadar fosfat dilakukan menggunakan metode SNI 06-6989.31-2005 tentang cara uji kadar fosfat dengan spektrofotometer secara asam askorbat.

Metode ini digunakan untuk mengetahui besarnya kadar fosfat dalam media kultur air limpasan budidaya udang vaname secara asam askorbat dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 880 nm. Analisis fosfat dilakukan pada awal dan akhir selama penelitian. Tahapan pengukuran kadar fosfat, yaitu:

- (1) Sampel air disaring dengan kertas Whatman No. 42 ke dalam labu erlenmeyer 250 mL.
- (2) Sampel air yang telah tersaring sebanyak 50 mL dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL.
- (3) Indikator PP ditambahkan sebanyak 1 tetes (jika terbentuk warna merah muda, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ditambahkan tetes demi tetes sampai warna merah muda hilang).
- (4) Larutan campuran ditambahkan sebanyak 8 mL dan dihomogenkan. Larutan sampel air dimasukkan kedalam kuvet pada alat spektrofotometer, dibaca dan dicatat serapannya. Hasil pengukuran fosfat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Fosfat} = C \times Fp$$

Keterangan:

C : Nilai absorbansi (A)

Fp : Faktor pengenceran

## **E. Parameter Penelitian**

### **1. Parameter Utama**

Parameter utama dalam penelitian adalah kepadatan populasi *Tetraselmis* sp., *Nannochloropsis* sp. dan *Dunaliella* sp. Perhitungan kepadatan populasi *Tetraselmis* sp., *Nannochloropsis* sp. dan *Dunaliella* sp. dilakukan setiap 24 jam selama 15 hari.

## 2. Parameter Fisika dan Kimia Air

Pengamatan yang dilakukan pada parameter fisika air yaitu suhu, sedangkan parameter kimia air berdasarkan APHA (2005) yaitu pH, salinitas, nitrat dan fosfat. Tahapan pengukuran parameter kualitas air yaitu sebagai berikut:

- (1) Parameter suhu diukur setiap 24 jam sekali menggunakan termometer.
- (2) Parameter pH diukur setiap 24 jam sekali menggunakan pH meter.
- (3) Parameter salinitas diukur setiap 24 jam sekali menggunakan refraktometer.
- (4) Parameter intensitas cahaya diukur setiap 24 jam sekali menggunakan lux meter.
- (5) Kadar nitrat diukur pada awal dan akhir penelitian menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm (APHA, 2005).
- (6) Kadar fosfat diukur pada awal dan akhir penelitian menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 880 nm (APHA, 2005).

## F. Analisis Data

Data kepadatan puncak *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. dengan waktu pengambilan 1 hari sekali selama 15 hari diuji normalitas dan homogenitas. Jika signifikan data  $> 0,05$ , maka data tersebut dapat dikatakan normal dan homogen, kemudian dilakukan analisis ANOVA (Analysis of Variance) pada tingkat kepercayaan 95%. Setelah data diketahui berpengaruh signifikan, kemudian dilanjutkan dengan uji perbandingan berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*) dengan tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui perbedaan signifikan antar perlakuan. Data kualitas air dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel.



## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **A. Simpulan**

Pemanfaatan air limbah budidaya udang vaname dapat dimanfaatkan sebagai media kultur mikroalga *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. dan *Dunaliella* sp. Mikroalga *Nannochloropsis* sp. paling adaptif selama kultur dan mampu menghasilkan kepadatan tertinggi.

### **B. Saran**

Kultur *Nannochloropsis* sp. berkelanjutan dalam skala yang lebih besar berbasis air limbah budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) sebagai media budidaya untuk produksi pakan alami dan meminimalisir N dan P terbang ke perairan umum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adil, E. I. (2001). Penuntun Praktikum Fisiologi Hewan. *Jurusan Biologi FMIPA-UI, Depok*, 57.
- Anggraini, P. (2012). Efek Keterbatasan Nitrogen Dalam Medium Walne pada Budidaya *Chlorella vulgaris* dalam Reaktor Pelat Datar. Departemen Teknik Kimia. *Skripsi. Universitas Indonesia. Depok*.
- Abdurrachman, O., Mutiara, M., & Buchori, L. (2013). Pengikatan Karbon Dioksida dengan Mikroalga (*Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas* sp., *Spirulina* sp.) dalam Upaya untuk Meningkatkan Kemurnian Biogas. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(4), 212-216.
- Agis Riyani dan Wahyu Subachri. (2015). *Budidaya Ikan Kerapu Macan*. WWF Indonesia.
- Andersen, R. A. (Ed.). (2005). *Algal Culturing Techniques*. Elsevier
- APHA (American Public Health Association). (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public. 17<sup>th</sup> Edition. New York. Health Association.
- Azizah, R., Pujihastuti, J., Widianingsih, W., Supriyantini, E., & Hermawan, I. (1998). Pemanfaatan Air Limbah Pertambakan sebagai Media Kultur *Spirulina* sp. *Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang*.
- Badan Standarisasi Nasional. (1991). *Metode Pengujian Kadar Nitrat dalam Air dengan Alat Spektrofotometer Secara Brusin Sulfat*. SNI 06-6980-1991. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. Hal 25-28.
- Badan Standarisasi Nasional. (2005). *Cara Uji Kadar Fosfat Menggunakan Spektrofotometer Secara Asam Askorbat*. SNI 06-6989. 31-2005. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. Hal 34-29.
- Balai Budidaya Laut. (2002). Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton. Direktorat Jendral Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan, 9, 7-8.

- Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut. (2007). Budidaya Fitoplankton & Zooplankton. *Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut. Lampung*, 4-42 hlm.
- Barsanti, L. and Gualtieri, P. (2006). Algae : Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology. *CRC Press. United States of America*. 301 hal.
- Becker, E. W. (1994). Microalgae: Biotechnology and Microbiology (Vol. 10). *Cambridge University Press*.
- Becker, E. W. (2007). Microalgae as a Source of Protein. *Biotechnol. Adv.*, 25, 207-210.
- Ben-Amotz, A. (2009). The Alga *Dunaliella*: Biodiversity, Physiology, Genomics and Biotechnology. *Science Publisher. America*. pp. 357-493.
- Borowitzka, M. A and Siva, C. J. (2007). The Taxonomy of the Genus (*Chlorophyta, Dunaliellales*) with Emphasis on the Marine and Halophilic Species. *Journal Applied Phycology*, 19, 567-590.
- Brock, T. D., Madigan, M. T., Martlnko, J. M., & Parker, J. (1991). Biology of Microorganisms. Prentice Hall. *New Jersey, 19862*.
- Brown, M. R., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K., & Dunstan, G. A. (1997). Nutritional Properties of Microalgae for Mariculture. *Aquaculture*, 151(1-4), 315-331.
- Butcher, R. W. (1959). An Introductory Account of the Smaller Algae of British Coastal Waters Part I. Introduction and Chlorophyceae. *Fish Investig*, 4, 1-74.
- Campbell, N. A., Jane B. R. dan Lawrence G. M. (2002). Biologi Jilid 2. *Penerbit Erlangga. Jakarta*.
- Campbell, N. A, J.B. Reece and L.G. Mitchell. (2003). Biologi. Alih Bahasa : L. Rahayu, E. I. M Adil, N Anita, Andri, W. F Wibowo, W. Manalu. *Penerbit Erlangga. Jakarta*.
- Chen, C. Y., Yeh, K. L., Aisyah, R., Lee, D. J., & Chang, J. S. (1994). Cultivation, Photobioreactor Design and Harvesting of Microalgae for Biodiesel Production: A Critical Review. *Bioresource technology*, 102(1), 71-81.
- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from Microalgae. *Biotechnology Advances*, 25(3), 294-306.
- Cole GA. (1983). Textbook of Limnology. Third Edition. *Waveland Press, Inc. USA*. 401 p.

- Converti A., AA. Cassazza, E. Y.Ortiz, P. Perego & M. D. Borghi. (2009). Effect of Temperature and Nitrogen Concentration on the Growth and Lipid Content of *Nannochloropsis oculata* and *Chlorella vulgaris* for Biodiesel Production. *Chemical Engineering and Processing Process Intensification*, 48(6), 1146-1151.
- Diharmi, A. (2001). Pengaruh Pencahayaan terhadap Kandungan Pigmen Bioaktif Mikroalga *Spirulina platensis* Strain Local (INK). Doctoral dissertation.. *Bogor: Institut Pertanian Bogor*. 78 hlm.
- Dwidjoseputro, D. (1980). *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Cetakan ke-2. Gramedia, Jakarta.
- Edhy, W. A, J. Pribadi dan Kurniawan. (2003). Plankton di Lingkungan PT. Central Pertiwi Bahari. Suatu Pendekatan Biologi dan Manajemen Plankton dalam Budidaya Udang. *Mitra Bahari*. Lampung.
- Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air. *Penerbit Kanisius*. Yogyakarta. Hal 145-155.
- Fachrullah, M. R. (2011). Laju Pertumbuhan Mikroalga Penghasil Biofuel Jenis *Chlorella* sp. dan *Nannochloropsis* sp. yang Dikultivasi Menggunakan Air Limbah Hasil Penambangan Timah di Pulau Bangka. *Skripsi. IPB. Bogor*, 102.
- Facta. (2006). Pengaruh Pengaturan Intensitas Cahaya yang Berbeda terhadap Kelimpahan Sel *Dunaliella* sp. dan Oksigen Terlarut Dengan Simulator TRIAC dan Mikrokontroler AT89852. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 11(2), 67-71.
- Ferruzzi, M. G., & Blakeslee, J. (2007). Digestion, Absorption, and Cancer Preventative Activity of Dietary Chlorophyll Derivatives. *Nutrition Research*, 27(1), 1-12.
- Fulks, W., & Main, K. L. (1991). *Rotifer and Microalgae Culture Systems: Proceedings of a US-Asia Workshop, Honolulu, Hawaii, January 28-31, 1991*. Oceanic Institute.
- Garofalo, R. (2009). Algae and Aquatic Biomass for a Sustainable Production of 2nd Generation Biofuels. *Aqua FUELS-Taxonomy, Biology and Biotechnology*, 6, 1-258.
- Grahame, J. (1987). *Plankton and Fisheries*. Edward Arnold. London.
- Gunawan. (2012). Microalgae Growth Response (*Tetraselmis* sp.) On Different Light Intensity. *Bioscientiae Journal*, 9(1), 55-59.

- Handajani, H. (2006). Pemanfaatan Limbah Cair Tahu sebagai Pupuk Alternatif pada Kultur Mikroalga *Spirullina* sp. *Jurnal Protein*, 13(2), 188-193.
- Harahap, P. S., Susanto, A. B., Susilaningsih, D., & Rahma, D. Y. (2013). Pengaruh Substitusi Limbah Cair Tahu untuk Menstimulasi Pembentukan Lipida pada *Chlorella* sp. *Journal of Marine Research*, 2(1), 80-86.
- Hasanudin, M. (2012). Pengaruh Perbedaan Intensitas Cahaya terhadap Pertumbuhan dan Kadar Lipid Mikroalga *Scenedesmus* sp. yang Dibudidayakan pada Limbah Cair Tapioka. (Skripsi). Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Hastuti, DS dan H. Handajani. (2001). Budidaya Pakan Alami. *Fakultas Peternakan-Perikanan UMM. Malang*.
- Hibberd, D. J. (1981). Notes on the Taxonomy and Nomenclature of the Alga Classes Eustigmatophyceae and Tribophyceae (synonym Xanthophyceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 82(2), 93-119.
- Hermawan, J. (2016). Peningkatan Kandungan  $\beta$ -Karoten pada Fitoplankton *Dunaliella salina* dengan Media Salinitas yang Berbeda. *Doctoral Dissertation, Universitas Airlangga*.
- Hu, H., & Gao, K. (2003). Optimization of Growth and Fatty Acid Composition of A Unicellular Marine Picoplankton, *Nannochloropsis* sp., With Enriched Carbon Sources. *Biotechnology Letters*, 25(5), 421-425.
- Imron, M. A., Sudarno & Mastihah, E. D. (2016). Pengaruh Salinitas terhadap Kandungan Lutein pada Mikroalga *Botryococcus braunii*. *Journal Marine and Coastal Science*, 5(1), 36-48.
- Islam, M. S. (2005). Nitrogen and Phosphorus Budget in Coastal and Marine Cage Aquaculture and Impacts of Effluent Loading on Ecosystem: Review and Analysis Towards Model Development. *Marine Pollution Bulletin*, 50(1), 48-61.
- Isnansetyo, A. dan Kurniastuty. (1995). Teknik Kultur Fitoplankton dan Zooplankton Pakan Alami untuk Pembenihan Organisme Laut. *Penerbit Kanisius. Yogyakarta*.
- Kawaroe, M., T. Partono, A. Sunuddin, D. W. Sari, dan D. Augustine. (2010). Mikroalga : Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar. *Institut Pertanian Bogor Press. Kelautan*, 18(3), 143-149.
- Lakitan, B. (1993). Dasar-Dasar Fisiologi Tanaman. *Raja Grafindo Persada. Jakarta*, 203 hal.

- Lamers, P. P. (2011). Metabolomics of Carotenoid Accumulation in *Dunaliella salina*. Thesis. Wageningen University. Wageningen. Netherlands. 176 p.
- Lavens, P., & Sorgeloos, P. (1996). *Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture* (No. 361). Food and Agriculture Organization (FAO).
- Moazami, N. Ranjbar, R. Ashori, A. Tangestani, M. and A. S. Nejad. (2011). Biomass and Lipid Productivities of Marine Microalgae Isolated from the Persian Gulf and the Qenshm Island. *Biomass and Bioenergy*, 35, 1935-1939.
- Musa, B., Raya, I., & Dali, S. (2013). Pengaruh Penambahan Ion  $\text{Cu}_2^+$  terhadap Laju Pertumbuhan Fitoplankton *Chlorella vulgaris*. *Universitas Hasanuddin. Makassar*, 9.
- Nur, A. 2011. Manajemen Pemeliharaan Udang Vannamei. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. *Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara*.
- Nurhayati, T., Lutfi, M., & Hermanto, M. B. (2013). Penggunaan Fotobioreaktor Sistem Batch Tersirkulasi terhadap Tingkat Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris*, *Chlorella* sp. dan *Nannochloropsis oculata*. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(3).
- Pisal, D. S. and Lele, S. S. (2004). Carotenoid Production from Microalgae *Dunaliella salina*. *Indian Journal of Biotechnology*, 4, 476-483.
- Puspita, I. G. A. P. A., & Anggreni, A. M. D. (2017). Pengaruh Penambahan  $\text{NaNO}_3$  Dan  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  pada Media BG-11 terhadap Konsentrasi Biomassa dan Klorofil *Tetraselmis chuii*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 5(1), 1-11.
- Putri, F. D., Widyastuti, E., & Christiani, C. (2014). Hubungan Perbandingan Total Nitrogen dan Total Fosfor dengan Kelimpahan *Chrysophyta* di Perairan Waduk Panglima Besar Soedirman, Banjarnegara. *Scripta Biologica*, 1(1), 92-97.
- Prasetya, B., Kurniawan, S., & Febrianingsih, M. (2009). Pengaruh Dosis dan Frekuensi Pupuk Cair Terhadap Serapan N dan Pertumbuhan Sawi (*Brassica juncea* L.) Pada Entisol. *Jurnal Agritek*, 17(5), 1022-1029.
- Prihantini, Betawati, N., Damayanti D., dan Yuniati R.. (2007). Pengaruh Konsentrasi Medium Ekstrak Tauge (met) terhadap Pertumbuhan *Scenedesmus* Isolat Subang. *Jurnal Makara Sains*, 11(1), 1-9.

- Raja, R., Hemaiswarya, S., & Rengasamy, R. (2007). Exploitation of *Dunaliella* for  $\beta$ -carotene Production. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74(3), 517-523.
- Ramos, A. A., J. Polle., D. Tran., J. C. Cushman., E. Jin and J. C. Varela. (2011). The Unicellular Green Alga Teod as a Model for Abiotic Stress Tolerance: Genetic Advances and Future Perspectives. *Algae. The Korean Society of Phycology*, 26(1), 3-20.
- Redjeki, S. dan A. Ismail. (1993). Mikroalga Sebagai Langkah Awal Budidaya Ikan Laut. Dalam Prosiding Seminar Nasional Bioteknologi Mikroalga. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi LIPI*.
- Rizky N. M. 2010. Optimasi Kultivasi Mikroalga Laut *Nannochloropsis oculata* dengan Perlakuan Pupuk Urea untuk Produksi Lemak Nabati. *Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya, Malang*.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (1997). *Carotenoids and Food Preparation: The Retention of Provitamin A Carotenoids in Prepared, Processed and Stored Foods* (pp. 1-93).
- Rostini, I. 2007. Kultur Fitoplankton (*Chlorella* sp. dan *Tetraselmis chuii*) pada Skala Laboratorium. *Universitas Padjajaran. Jatinagor*. 33 hlm.
- Rumhayati, B. (2010). Studi Senyawa Fosfat dalam Sedimen dan Air Menggunakan Teknik Diffusive Gradient in Thin Films (DGT). *Jurnal Ilmu Dasar*, 11(2), 160-166.
- Russell, R. M. (2002).  $\beta$ -carotene and Lung Cancer. *Pure Appl Chem*. (74), 1461-1467.
- Rusyani, E. (2001). Pengaruh Dosis Zeolit yang Berbeda terhadap Pertumbuhan *Isochrysis galbana* Klon Tahiti Skala Laboratorium dalam Media Komersial. *Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor*, 53.
- Saiya, H. G., & Katoppo, D. R. (2015). Waste Management of Shrimp Farms as Starting Point to Develop Integrated Farming Systems (case study: Kuwaru Coast, Bantul, Yogyakarta, Indonesia). *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 3(1), 423-432.
- Sakthivel, R. (2011). Microalgae Lipid Research, Past, Present: A Critical Review for Biodiesel Production, in the Future. *Journal of Experimental Sciences*, 2(10), 29-49
- Santoso, A. D., Rahmania, A., & Darmawan, J. P. (2011). Mikro Alga untuk Penyerapan Emisi CO<sub>2</sub> dan Pengolahan Limbah Cair di Lokasi Industri. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 3(2), 62-70.

- Sari, I. P. dan Manan, A. (2012). Pola Pertumbuhan *Nannochloropsis oculata* pada Kultur Skala Laboratorium, Intermediet, dan Massal. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 4(2), 123-127.
- Sasmita, P. G., Wenten, I. G., & Suantika, G. (2004). Pengembangan Teknologi Ultrafiltrasi untuk Pemekatan Mikroalga. *Dalam Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia. ITB. Bandung. Hal* (pp. 1-5).
- Shariati, M., & Hadi, M. R. (2011). Microalgal Biotechnology and Bioenergy in *Dunaliella*. In *Progress in Molecular and Environmental Bioengineering- from Analysis and Modeling to Technology Applications*. Intech Open.
- Smith, D. R., R. W. Lee., J. C. Cushman., J. K. Magnuson., D. Tran and J. E. W. Polle. (2010). The *Dunaliella salina* Organelle Genomes: Large Sequences, Inflated with Intronic and Intergenic DNA. *BMC Plant Biology*, 10(83), 1-14.
- Sulastri, Meutia, A. A., & Suryono, T. (2007). Komposisi Fitoplankton dan Peluang Blooming *Microcystis aeruginosa* di Waduk Karangates, Jawa Timur. *Oseanologi dan Limnologi Indonesia*, 33(1),1-16.
- Suminto. (2009). Penggunaan Jenis Media Kultur Teknis Terhadap Produksi dan Kandungan Nutrisi Sel *Spirulina platensis*. *Jurnal Saintek Perikanan*, 4(2), 53-61.
- Supramaniam, J., K. Palanisamy, S. M. Nomanbhay. (2012). Study of the pH Changes of Microalgae (*Tetraselmis chuii*) Cultivated In Newly Developed Closed Photobioreactors Using Natural Sunlight and Artificial Light. *Journal of Energy and Environment*, 4(1), 18-20.
- Sutejo, M. M. 2002. Pupuk dan Cara Penggunaan. *Rineka Cipta. Jakarta*.
- Tangguda, S. (2017). Pengaruh Limbah Cair Tambak Udang Terhadap Kepadatan Sel dan Laju Pertumbuhan Spesifik *Chlorella* sp. *Dalam Seminar Nasional Riset Inovatif*, 5, 171-176.
- Utomo, N. B. P., Winarti, Erlina, A. (2005). Pertumbuhan *Spirulina platensis* yang Dikultur dengan Pupuk Inorganik (Urea, TSP, dan ZA) dan Kotoran Ayam. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 4(1), 41-48.
- Vonshak, A., & Torzillo, G. (2004). Environmental Stress Physiology. *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*, 57.
- Waggoner and Speer. (1999). Lipid and Membrane Function in Green Algae. *Biochim.Biophys. Acta*, 1302(1), 17-45.



- Wahyuni, K. A., Anindiastuti, L. M., Sapta dan Agus, H. (2001). Teknik Penyimpanan dan Kegunaan Nata de Nanno. *Direktorat Jendral Perikanan Budidaya laut., Lampung.*
- Wardhana, W. A. (1994). Dampak Pencemaran Lingkungan. *Andi Offset. Yogyakarta.* 459 hlm.
- [Www.bio.utexas.edu](http://www.bio.utexas.edu). Diakses Tanggal 02 Maret 2019.
- Yudha, A. P. (2008). Senyawa Antibakteri dari Mikroalga *Dunaliella* sp. pada Umur Panen yang Berbeda. *Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.*
- Yulita, Eli. (2014). Pemanfaatan Limbah Cair Industri Karet Remah sebagai Media Pertumbuhan *Chlorella vulgaris* untuk Pakan Alami Ikan. Balai Riset dan Standarisasi Industri Palembang. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 25(1), 1-11.