

**PENGARUH INTENSITAS CAHAYA YANG BERBEDA
TERHADAP KUALITAS *Thalassiosira* sp. SEBAGAI PAKAN
LARVA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*)**

**The Effect of Different Light Intensities on
The Quality of *Thalassiosira* sp. as Feed for Larvae of
Vannamei Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)**

NURUL KHALISHAH SALSABIL

L012211015



**PROGRAM MAGISTER ILMU PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**THE EFFECT OF DIFFERENT LIGHT INTENSITIES ON
THE QUALITY OF *Thalassiosira* sp. AS FEED FOR LARVAE OF
VANNAMEI SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*)**

**Pengaruh Intensitas Cahaya Yang Berbeda Terhadap
Kualitas *Thalassiosira* sp. Sebagai Pakan Larva
Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)**

NURUL KHALISHAH SALSABIL

L012211015

THESIS

Submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Magister of
Science (M.Si)



**MAGISTER PROGRAM IN FISHERIES SCIENCE
FACULTY OF MARINE SCIENCE AND FISHERIES
HASANUDDIN UNIVERSITY
MAKASSAR
2023**

HALAMAN PENGESAHAN TESIS

PENGARUH INTENSITAS CAHAYA YANG BERBEDA
TERHADAP KUALITAS *Thalassiosira* sp. SEBAGAI PAKAN
LARVA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*)

Disusun dan diajukan oleh:

Nurul Khalishah Salsabil

L012211015

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Perikanan Fakultas Ilmu
Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin.

pada tanggal 24 Januari 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

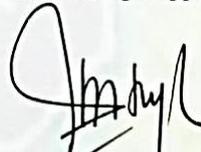
Menyetujui

Pembimbing Utama,



Dr. rer.nat. Elm Nurhaidah Zainuddin, DES
NIP.19610619198803 2 001

Pembimbing Anggota,



Dr. Ir. Hasni Yulianti Azis, MP.
NIP.19640727199103 2 001

Mengetahui,



Safroddin, S.Pi., M.P., Ph.D
NIP. 19750611 200312 1 003

Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan,

Ketua Program Studi S2
Ilmu Perikanan,



Dr. Ir. Badraeni, MP
NIP. 19651023 199103 2 001

Tanggal Lulus: 24 Januari 2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Khalishah Salsabil
NIM : L012211015
Program Studi : Ilmu Perikanan
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa Tesis berjudul

**Pengaruh Intensitas Cahaya yang Berbeda Terhadap Kualitas *Thalassiosira* sp.
Sebagai Pakan Larva Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)**

adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas plagiat, serta tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis digunakan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No. 17, tahun 2007).

Makassar, 26 Januari 2023



Nurul Khalishah Salsabil
NIM. L012211015

PERNYATAAN KEPEMILIKAN TULISAN

Saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Khalishah Salsabil
NIM : L012211015
Program Studi : Ilmu Perikanan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Tesis pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai pemilik tulisan (*author*) dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan tesis) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan tesis ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasinya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 26 Januari 2023

Mengetahui,
Ketua Program Studi S2 Ilmu Perikanan



Dr. Ir. Badraeni, MP
NIP. 19651023 199103 2 001

Penulis



Nurul Khalishah Salsabil
NIM. L012211015

ABSTRAK

Nurul Khalishah Salsabil. L012211015. "Pengaruh Intensitas Cahaya yang Berbeda Terhadap Kualitas *Thalassiosira* sp. Sebagai Pakan Larva Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)" dibimbing oleh **Elmi Nurhaidah Zainuddin** sebagai Pembimbing Utama dan **Hasni Yulianti Azis** sebagai Pembimbing Anggota.

Thalassiosira sp. merupakan salah satu jenis pakan alami yang umum digunakan dalam budidaya larva udang. Pemanfaatan *Thalassiosira* sebagai pakan sangat dipengaruhi oleh kandungan nutrisinya. Faktor lingkungan seperti intensitas cahaya dapat mempengaruhi kepadatan sel dan komposisi biokimia sel dari mikroalga yang dikultur. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pemberian intensitas cahaya pada kultur *Thalassiosira* sp. yang mampu menghasilkan laju metamorfosis dan sintasan larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang terbaik. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai dengan September 2022 di Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Takalar, Kecamatan Galesong, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan. Hewan uji yang digunakan ialah larva udang vaname stadia zoea 1 dengan kepadatan 80 ekor/L. Larva udang vaname dipelihara menggunakan wadah toples bervolume 3 L yang diisi media kultur sebanyak 2 L dan diberi pakan *Thalassiosira* sp. yang telah dikultur dengan intensitas cahaya yang berbeda. Penelitian dirancang dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 3 perlakuan intensitas cahaya dengan masing-masing 3 ulangan, yaitu 2.000, 6.000, dan 10.000 lux. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian intensitas cahaya tertinggi (10.000 lux) dapat menghasilkan kepadatan sel dan komposisi biokimia *Thalassiosira* sp. yang terbaik. Pengaplikasian intensitas cahaya tertinggi (10.000 lux) pada pakan *Thalassiosira* sp. memberikan hasil yang terbaik terhadap laju metamorfosis dan sintasan larva udang vaname (*L. vannamei*). Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, pemberian intensitas cahaya 10.000 lux pada kultur *Thalassiosira* sp. dapat menghasilkan kepadatan sel dan komposisi biokimia terbaik untuk *Thalassiosira* sp., sehingga penggunaannya sebagai pakan juga dapat meningkatkan laju metamorfosis dan sintasan larva udang vaname (*L. vannamei*).

Kata Kunci : *Thalassiosira* sp., *Litopenaeus vannamei*, Intensitas Cahaya, Pakan Alami, Larva

ABSTRACT

Nurul Khalishah Salsabil. L012211015. "The Effect of Different Light Intensities on The Quality of *Thalassiosira* sp. as Feed for Larvae of Vannamei Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)" supervised by **Elmi Nurhaidah Zainuddin** as the Principle supervisor and **Hasni Yulianti Azis** as the co-supervisor.

Thalassiosira sp. is one type of natural feed that is commonly used in the cultivation of shrimp larvae. The utilization of *Thalassiosira* as feed is strongly influenced by its nutritional content. Environmental factors such as light intensity can affect the cell density and biochemical composition of the cultured microalgae. This study aims to determine the light intensity level in the culture of *Thalassiosira* sp. that produce the best metamorphosis rate and survival rate for larvae of vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*). This research was conducted from August to September 2022 at the Brackish Water Aquaculture Fishery Center (BPBAP) Takalar, Galesong District, Takalar Regency, South Sulawesi Province. The test animal used was vannamei (larvae were maintained in a 3 L volume jar containing 2 L of culture medium, then fed with *Thalassiosira* sp. which have been cultured at different light intensities. This study was designed using a completely randomized design (CRD) which consisted of three treatments of light intensity with three replications, namely 2.000, 6.000 and 10.000 lux. The results showed that giving the highest light intensity (10.000 lux) could produced the best cell density and biochemical composition of *Thalassiosira* sp. Application of the highest light intensity (10.000 lux) on *Thalassiosira* sp. also gave the best rate of metamorphosis and survival of vannamei shrimp larvae (*L. vannamei*). Based on the results of this study it can be concluded that, giving a light intensity of 10.000 lux on the culture of *Thalassiosira* sp. can produce the best cell density and biochemical composition for *Thalassiosira* sp., so that its use as feed can also increase the rate of metamorphosis and survival of vannamei shrimp (*L. vannamei*) larvae.

Keywords : *Thalassiosira* sp., *Litopenaeus vannamei*, Light Intensity, Natural Feed, Larvae

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun tesis ini dengan judul "Pengaruh Intensitas Cahaya Yang Berbeda Terhadap Kualitas *Thalassiosira* sp. Sebagai Pakan Larva Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)". Dimana tesis ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Magister Ilmu Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin Makassar.

Terlaksananya Kegiatan Penelitian dan dalam penyusunan tesis ini penulis menyadari banyak hal yang telah dilalui yaitu berbagai tantangan dan kesulitan. Mulai dari awal perencanaan, persiapan, pelaksanaan penelitian, sampai akhir penyusunan tesis ini dan penulis menyadari sepenuhnya tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk tesis ini, penulis sangat membutuhkan dukungan dan sumbangsih pemikiran yang berisi kritik dan saran yang membangun. Selama penulisan tesis ini tentunya penyusun mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak yang telah mendukung dan membimbing penulis. Kasih yang tulus serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Kedua orang tua saya yang saya sangat sayangi, hormati, dan banggakan Ayahanda Muhammad, S. Pi dan Ibunda Hasnah, S.Ag yang tak henti-hentinya memanjatkan doa dan memberikan bantuan serta kasih sayangnya selama ini kepada penulis.
2. Ibu Dr.rer.nat. Elmi Nurhaidah Zainuddin, DES selaku pembimbing utama dan Ibu Dr. Ir. Hasni Yulianti Azis, MP selaku pembimbing anggota yang senantiasa meluangkan waktu dan pikirannya untuk memberikan bimbingan serta arahnya hingga proses akhir penyusunan tesis ini.
3. Ibu Dr. Ir. Siti Aslamyah, MP, Ibu Dr. Ir. Badraeni, MP, dan Bapak Prof. Dr. Ir. Muh. Yusri Karim, M.Si, selaku penguji yang telah memberikan pengetahuan baru, masukan, saran dan kritik yang sangat membangun.
4. Bapak dan Ibu dosen, serta staf pegawai Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin yang telah berbagi ilmu dan pengalaman, serta membantu Penulis.

5. Staf Pegawai, teknisi, dan rekan-rekan di BPBAP Takalar yang banyak membantu Penulis mulai dari persiapan hingga selesainya kegiatan penelitian.
6. Teman-teman mahasiswa magister Ilmu Perikanan angkatan 2021, kerabat, keluarga, dan semua pihak yang telah membantu Penulis hingga ke jenjang ini.

Akhir kata, Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat dan memberi nilai untuk kepentingan ilmu pengetahuan, serta segala amal baik serta jasa dari pihak yang membantu Penulis mendapat berkat dan karunia Allah SWT. Aamiin.

Makassar, 26 Januari 2023

Penulis

RIWAYAT HIDUP



Nurul Khalishah Salsabil lahir di Watampone, pada tanggal 28 Desember 1999. Penulis merupakan anak pertama dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Muhammad, S.Pi dan Ibu Hasnah, S.Ag.

Penulis mulai memasuki pendidikan formal di SD 2 Manurunge dan lulus pada tahun 2011, Kemudian pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Watampone dan lulus pada tahun 2013. Selanjutnya masuk ke SMA Negeri 1 Watampone dan lulus pada tahun 2016. Pada tahun 2016, penulis melanjutkan pendidikan ke tingkat perguruan tinggi yakni di Universitas Hasanuddin, Program Studi Budidaya Perairan, Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan melalui Jalur Tes (SBMPTN). Penulis aktif menjadi pengurus Lembaga Dakwah Fakultas Lingkaran Kajian Islam Bahari (LDF LIKIB) periode tahun 2017-2019. Penulis menyelesaikan studi dan memperoleh gelar S1 sarjana perikanan di Universitas Hasanuddin pada tahun 2019.

Pada tahun 2021, penulis melanjutkan pendidikan pascasarjana di Universitas Hasanuddin, Program Magister Ilmu Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Dalam rangka menyelesaikan pendidikan dan merupakan syarat untuk memperoleh gelar Magister Perikanan penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Intensitas Cahaya Yang Berbeda Terhadap Kualitas *Thalassiosira* sp. Sebagai Pakan Larva Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)” yang dibimbing oleh Ibu Dr.rer.nat. Elmi Nurhaidah Zainuddin, DES sebagai Pembimbing Utama dan Ibu Dr.Ir.Hasni Yulianti Azis, MP sebagai Pembimbing Anggota.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN TESIS	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEPEMILIKAN TULISAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
RIWAYAT HIDUP	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan dan Kegunaan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Mikroalga (<i>Thalassiosira</i> sp.)	4
1. Klasifikasi dan Morfologi.....	4
2. Habitat dan Persebaran.....	5
3. Kandungan Nutrisi.....	5
4. Pertumbuhan.....	6
B. Udang Vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	7
1. Klasifikasi dan Morfologi.....	7
2. Habitat dan Siklus Hidup	9
3. Metamorfosis.....	9
4. Kebiasaan Makan dan Kebutuhan Nutrisi.....	12
C. Proses Fotosintesis pada Mikroalga.....	14
D. Hubungan Cahaya Terhadap Pertumbuhan dan Komposisi Biokimia Mikroalga	17
E. Kualitas Air.....	21
F. Kerangka Pikir Penelitian	23
G. Hipotesis.....	23
III. METODE PENELITIAN	24

A. Waktu dan Tempat.....	24
B. Alat dan Bahan	24
C. Pelaksanaan Penelitian.....	25
1. Hewan Uji.....	25
2. Wadah Penelitian	25
3. Air Media.....	25
4. Pakan.....	25
D. Rancangan Penelitian dan Perlakuan	26
E. Prosedur Penelitian.....	26
1. Sterilisasi Alat dan Bahan.....	26
2. Kultur <i>Thalassiosira</i> sp.	27
3. Pemeliharaan Larva Udang Vaname.....	27
F. Parameter Penelitian	28
1. Kepadatan Sel <i>Thalassiosira</i> sp.	28
2. Komposisi Biokimia <i>Thalassiosira</i> sp.....	28
3. Metamorfosis.....	28
4. Sintasan Udang Vaname.....	29
5. Kualitas Air	29
G. Analisis Data	29
IV. HASIL.....	30
A. Kepadatan Sel <i>Thalassiosira</i> sp.....	30
B. Komposisi Biokimia <i>Thalassiosira</i> sp.	32
C. Laju Metamorfosis Larva Udang Vaname	33
D. Sintasan Larva Udang Vaname	35
E. Kualitas Air.....	36
V. PEMBAHASAN	38
A. Kepadatan Sel <i>Thalassiosira</i> sp.....	38
B. Komposisi Biokimia <i>Thalassiosira</i> sp.	39
C. Laju Metamorfosis Larva Udang Vaname	41
D. Sintasan Larva Udang Vaname	43
E. Kualitas Air.....	44
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	46
A. Kesimpulan	46
B. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Ciri-ciri perkembangan nauplius udang	10
2. Ciri-ciri perkembangan zoea.....	11
3. Ciri-ciri perkembangan stadia mysis	11
4. Nama dan fungsi alat yang digunakan pada penelitian ini	24
5. Nama dan fungsi bahan yang digunakan pada penelitian ini	25
6. Dosis pemberian pakan pada stadia larva udang vaname.....	27
7. Rata-rata komposisi biokimia pada <i>Thalassiosira</i> sp. (% dari berat kering) yang dikultur dengan berbagai intensitas cahaya	32
8. Rata-rata laju metamorfosis larva udang vaname yang dipelihara dengan pemberian <i>Thalassiosira</i> sp. yang telah dikultur dengan berbagai intensitas cahaya	33
9. Perkembangan stadia larva udang vaname (zoea-mysis)	34
10. Rata-rata sintasan larva udang vaname yang dipelihara dengan pemberian <i>Thalassiosira</i> sp. yang telah dikultur dengan berbagai intensitas cahaya	35
11. Kisaran nilai parameter kualitas air media kultur <i>Thalassiosira</i> sp.	36
12. Kisaran nilai parameter kualitas air media pemeliharaan larva udang	37

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Mikroalga <i>Thalassiosira</i>	4
2. Fase Pertumbuhan Mikroalga.....	6
3. Udang Vaname (<i>L. vannamei</i>).....	8
4. Siklus Hidup Udang Laut atau Penaeid	9
5. Ciri - Ciri Perkembangan Stadia Nauplius.....	10
6. Ciri-ciri Perkembangan Stadia Zoea	11
7. Ciri-ciri Perkembangan Stadia Mysis	12
8. Stadia Post Larva	12
9. Reaksi terang fotosintesis	16
10. Reaksi gelap fotosintesis.....	17
11. Energi cahaya membentuk energi kimiawi pada proses fotosintesis.....	18
12. Siklus ulang pada proses fotosintesis dan respirasi seluler.	19
13. Siklus Krebs	20
14. Kerangka Pikir Penelitian	23
15. Tata Letak Wadah Penelitian Setelah Pengacakan	26
16. Grafik kepadatan sel <i>Thalassiosira</i> sp.	30
17. Grafik hubungan antara intensitas cahaya terhadap kepadatan maksimum sel <i>Thalassiosira</i> sp.	31
18. Grafik hubungan antara lama kultur terhadap kepadatan sel <i>Thalassiosira</i> sp. ...	31
19. Grafik hubungan antara intensitas cahaya terhadap laju metamorfosis larva udang vaname (<i>L. vannamei</i>).....	34
20. Grafik hubungan antara intensitas cahaya terhadap sintasan larva udang vaname (<i>L. vannamei</i>).....	36

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Prosedur Kerja Analisis Kandungan Nutrisi <i>Thalassiosira</i> sp.....	54
2. Data kepadatan sel <i>Thalassiosira</i> sp.	60
3. Kandungan nutrisi <i>Thalassiosira</i> sp.	60
4. Data sintasan larva udang vaname	61
5. Laju Stage Index (LSI) udang vaname	61
6. Data metamorfosis larva udang vaname	62
7. Hasil analisis ragam (ANOVA) kepadatan sel <i>Thalassiosira</i> sp.	62
8. Uji lanjut LSD kepadatan sel <i>Thalassiosira</i> sp.	63
9. Hasil analisis ragam (ANOVA) komposisi biokimia <i>Thalassiosira</i> sp.....	64
10. Uji lanjut LSD komposisi biokimia <i>Thalassiosira</i> sp.....	64
11. Hasil analisis ragam (ANOVA) metamorfosis larva udang vaname.....	65
12. Uji lanjut LSD metamorfosis larva udang vaname	66
13. Hasil analisis ragam (ANOVA) sintasan larva udang vaname.....	66
14. Uji lanjut LSD sintasan larva udang vaname	66
15. Hasil Uji Kandungan Proksimat Pakan <i>Thalassiosira</i> sp.....	67
16. Dokumentasi Kegiatan Penelitian	68

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) adalah salah satu komoditas unggulan perikanan yang banyak diminati dan dibudidayakan di Indonesia (WWF, 2014; KKP, 2020). Udang vaname juga merupakan komoditas ekspor andalan penghasil devisa negara (Marbun *et al.*, 2019). Pada tahun 2019, nilai ekspor komoditas udang mencapai USD 1,17 miliar dan ditargetkan dapat naik 8% per tahunnya (KKP, 2020). Seiring dengan semakin banyak permintaan pasar udang vaname maka ketersediaan benih perlu ditingkatkan dengan upaya penyediaan benih melalui usaha pembenihan yang tepat dan efisien.

Usaha pembenihan udang vaname seringkali dihadapkan pada permasalahan rendahnya kualitas dan kuantitas benur yang dihasilkan. Stadia zoea dan mysis merupakan stadia perkembangan larva yang paling rentan dan kritis. Pada stadia tersebut sintasan udang lebih rendah jika dibandingkan dengan stadia lain, bahkan tingkat mortalitas dapat mencapai 100% (Perez-Morales *et al.*, 2016). Salah satu penyebabnya adalah kondisi larva yang masih sangat rentan, sebab larva masih berada dalam proses organogenesis (proses pembentukan dan penyempurnaan kondisi fisik dan fisiologi (organ dan fungsi organ)). Selain itu pada stadia awal, ketahanan tubuh larva pada berbagai perubahan dan guncangan lingkungan masih sangat rendah, sehingga diperlukan energi yang besar untuk mempertahankan diri agar terhindar dari stres akibat perubahan-perubahan tersebut. Pada tahap pemeliharaan larva, asupan nutrisi yang baik pada pakan memegang peranan penting dalam menentukan pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva (Gunarto *et al.*, 2016; Rasdi *et al.*, 2021).

Salah satu pakan yang biasa digunakan untuk pemeliharaan larva udang vaname adalah *Thalassiosira* sp. *Thalassiosira* merupakan pakan alami atau mikroalga yang termasuk dalam kelompok diatom. Mikroalga *Thalassiosira* memiliki kandungan nutrisi berupa protein 13,20-45,23%, lipid 12,08-20,80%, karbohidrat 10%, EPA sebesar 17,2-23,9% dan DHA 3,5-6,2% dari total berat keringnya (Mai *et al.*, 2021; Pinandoyo *et al.*, 2021; Sandeep *et al.*, 2021; Tam *et al.*, 2021). Kandungan nutrisi yang cukup tinggi tersebut menjadikan *Thalassiosira* sp. baik digunakan sebagai pakan larva udang dibandingkan dengan mikroalga lainnya (Sandeep *et al.*, 2021). Tang *et al.* (2020) melaporkan bahwa pemberian *Thalassiosira* sebagai pakan larva udang secara signifikan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup, persentase metamorfosis, dan aktivitas enzim pencernaan.

Kualitas pakan yang baik merupakan kunci keberhasilan dalam pembenihan, karena dapat mempengaruhi secara langsung terhadap ketahanan dan perkembangan larva (Morizane, 1991 *dalam* Khaeriyah 2013). Keberhasilan produksi mikroalga sebagai pakan pembenihan untuk mendapatkan kualitas benih udang yang baik tergantung pada sejumlah faktor lingkungan pada proses kultur. Faktor lingkungan tersebut akan menentukan tingkat pertumbuhan dan nilai nutrisi dari mikroalga yang dihasilkan. Adapun faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga diantaranya medium kultur (nutrien), pengadukan, gas CO₂, pH, salinitas, suhu, dan intensitas cahaya (Iba *et al.*, 2014; Prayitno, 2016; Santhanam *et al.*, 2017; Zanella & Vianello, 2020).

Intensitas cahaya berperan penting dalam proses fotosintesis mikroalga, yakni sebagai faktor pembatas utama dalam produktivitas primer. Intensitas cahaya pada mikroalga harus disesuaikan dengan tingkat kebutuhannya. Apabila intensitas cahaya yang ada tidak sesuai dengan kisaran pertumbuhan dari mikroalga, maka akan menyebabkan terganggunya metabolisme sel dan menghambat pembelahan sel pada mikroalga (Utami *et al.*, 2012). Faktor cahaya akan mempengaruhi pertumbuhan mikroalga, aktifitas fisiologis dan komposisi nutrisi dari mikroalga yang dikultur (Banerjee *et al.*, 2011; Fakhri *et al.*, 2017; Hung, 2017; Zanella & Vianello, 2020).

Kajian tentang pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan dan nutrisi dari *Thalassiosira* telah dilaporkan (Shi *et al.*, 2015; Marella & Tiwari, 2020; Tam *et al.*, 2021). Namun, bergantung pada lingkungan dan lokasi spesies, pertumbuhan sel dan nutrisi mikroalga dapat berbeda antara satu spesies dengan spesies lainnya (Banerjee *et al.*, 2011). Selain itu, pengaplikasian lebih lanjut terhadap pengaruh intensitas cahaya pada kualitas *Thalassiosira* sp. sebagai pakan udang vannamei juga belum diteliti lebih lanjut. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis pengaruh pemberian intensitas cahaya yang berbeda terhadap kualitas *Thalassiosira* sp. sebagai pakan larva udang vaname (*L. vannamei*).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perbedaan intensitas cahaya terhadap kepadatan sel dan komposisi biokimia *Thalassiosira* sp.?
2. Bagaimana pengaruh pakan *Thalassiosira* sp. yang telah dikultur dengan perbedaan intensitas cahaya terhadap sintasan dan laju metamorfosis larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)?

C. Tujuan dan Kegunaan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh perbedaan intensitas cahaya terhadap kepadatan sel dan komposisi biokimia *Thalassiosira* sp.
2. Menganalisis pengaruh pakan *Thalassiosira* sp. yang telah dikultur dengan perbedaan intensitas cahaya terhadap sintasan dan laju metamorfosis larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan informasi/literatur dalam meningkatkan kualitas *Thalassiosira* sp. yang digunakan sebagai pakan larva udang vaname, serta sebagai sumber informasi dan acuan untuk penelitian selanjutnya.

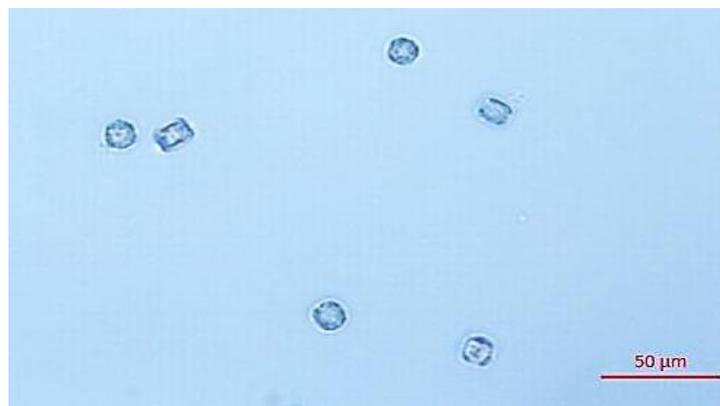
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Mikroalga (*Thalassiosira* sp.)

1. Klasifikasi dan Morfologi

Morfologi mikroalga *Thalassiosira* sp. dapat dilihat pada Gambar 1. Menurut Kaciolek *et al.* (2005) klasifikasi dari mikroalga genus *Thalassiosira* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Chromista
Filum	: Ochrophyta
Subfilum	: Khakista
Kelas	: <i>Bacillariophyceae</i>
Subkelas	: <i>Coscinodiscophycidae</i>
Order	: <i>Thalassiosirales</i>
Family	: <i>Thalassiosiraceae</i>
Genus	: <i>Thalassiosira</i>
Spesies	: <i>Thalassiosira</i> sp.



Gambar 1. Mikroalga *Thalassiosira* sp. (Dokumentasi Pribadi)

Thalassiosira merupakan salah satu jenis pakan alami atau mikroalga yang termasuk dalam kelompok diatom. Diatom termasuk dalam kelas *Bacillariophyceae* dari filum *Bacillariophyta* (Javeed *et al.*, 2018). Kebanyakan diatom memiliki sel tunggal, walaupun terkadang beberapa membentuk rantai dan koloni. Dinding sel dari mikroalga ini memiliki struktur yang keras karena tersusun atas silika. (Nugroho, 2019). *Thalassiosira* memiliki bentuk sel persegi hingga berbentuk bulat. Katup dari mikroalga ini melingkar berbentuk piringan, yang berisi pori-pori yang tersusun dalam baris atau busur dan membuka ke luar. Diameter selnya berkisar antara 2.5-48 μm (Harris *et al.*, 1995; Park *et al.*, 2017; Javeed *et al.*, 2018). Mikroalga dari kelompok

diatom biasa dikenal dengan *golden brown algae*, karena memiliki lebih banyak pigmen yang berwarna kuning daripada pigmen hijau. Pigmen tersebut menjadikan perairan akan terlihat berwarna agak cokelat muda (Nugroho, 2019).

2. Habitat dan Persebaran

Spesies *Thalassiosira* adalah produsen utama yang vital di daerah beriklim sedang dan kutub (Chappell *et al.*, 2013). Pada umumnya, mikroalga *Thalassiosira* bisa ditemukan pada lingkungan laut, termasuk daerah muara, pesisir dan laut terbuka (Flickinger, 2016; Javeed *et al.*, 2018). Pertumbuhan mikroalga ini di perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, diantaranya suhu, salinitas, DO, dan pH. *Thalassiosira* sp. dapat tumbuh dari kisaran suhu 10-34 °C (Sheehan *et al.*, 2020), salinitas 25-50 ppt (Garcia *et al.*, 2012), DO >5 mg/L (KepMenLH No.51 tahun 2004) dan pH berkisar 7-9 (Chen & Durbin, 1994). Adapun kondisi optimal untuk pertumbuhan *Thalassiosira* adalah suhu 25-28°C, pH 7, dan salinitas 30 ppt (Tam *et al.*, 2021).

3. Kandungan Nutrisi

Thalassiosira adalah jenis pakan alami populer yang digunakan untuk larva udang. Hal ini didukung oleh Mai *et al.* (2021) dan Etesami *et al.* (2022) yang melaporkan bahwa pemanfaatan *Thalassiosira* sebagai pakan alami telah banyak digunakan dalam industri larva kultur seperti udang, copepoda, dan kerang. Mikroalga *Thalassiosira* memiliki kandungan nutrisi berupa makronutrien yang terdiri atas protein 13,20-45,23%, lipid 12,08-20,80%, dan karbohidrat 10% dari berat keringnya (Pinandoyo *et al.*, 2021; Sandeep *et al.*, 2021; Tam *et al.*, 2021). Menurut Tam *et al.* (2021), mikroalga ini merupakan salah satu kandidat terbaik sebagai sumber asam lemak, karena mengandung kandungan lipid yang tinggi bila dibandingkan dengan mikroalga lainnya (*Chaetoceros* 14% dan *Tetraselmis* 10,56%) (Sandeep *et al.*, 2021). Hal tersebut juga didukung oleh penelitian Mai *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa kandungan asam lemak EPA dan DHA dari mikroalga genus *Thalassiosira* lebih tinggi dibandingkan *Skeletonema* dan *Chaetoceros* yakni berkisar antara 17,2-23,9% dan 3,5-6,2%.

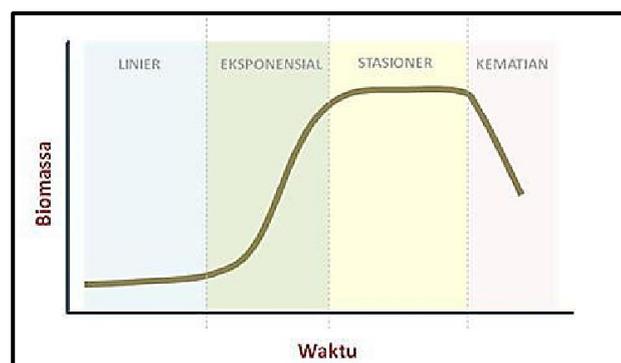
Selain makronutrien, *Thalassiosira* juga mengandung mikronutrien (mineral) dan senyawa bioaktif. Kandungan mineral dari *Thalassiosira* terdiri dari potasium 720 mg/kg, sodium 8675,52 mg/kg, magnesium 1097,54 mg/kg, dan kalsium 206,40 mg/kg (Tam *et al.*, 2021). Menurut Anggraeni *et al.* (2019), senyawa bioaktif dari *Thalassiosira* yang terdiri dari ekstrak n-heksana, etil asetat dan etanol. Senyawa-senyawa bioaktif mampu menghasilkan berbagai zat biologis aktif seperti antibakteri,

antivirus, antijamur, menghambat enzim, imunostimulan (Anggraeni *et al.*, 2019; Zanella & Vianello, 2020).

Kandungan nutrisi yang baik membuat pemberian *Thalassiosira* sebagai pakan larva memberikan pengaruh terhadap peningkatan kelangsungan hidup dan pertumbuhan. Berdasarkan penelitian Tam *et al.* (2021), penambahan *Thalassiosira weissflogii* hidup ke dalam pakan larva udang vaname pada tahap nauplii 6 menyebabkan peningkatan panjang tubuh, berat, dan persentase kelangsungan hidup larva udang vaname sebesar 21,17%, 35,7%, dan 33% lebih tinggi dibandingkan larva yang diberi pakan kontrol (tanpa penambahan *T. weissflogii*). Pada penelitian yang dilakukan oleh Sandeep *et al.* (2021), kelangsungan hidup lebih tinggi pada larva udang yang diberi pakan *Thalassiosira* (mencapai 57,05%) bila dibandingkan larva udang yang diberi pakan dengan mikroalga lainnya seperti *Chaetoceros* dan *Tetraselmis* yang masing-masing menghasilkan kelangsungan hidup sebesar 41.45% dan 32.58%. Sedangkan Tang *et al.* (2020) melaporkan bahwa pemberian *Thalassiosira* sebagai pakan larva udang windu secara signifikan meningkatkan kelangsungan hidup, persentase metamorfosis, dan aktivitas enzim pencernaan bila dibandingkan dengan larva yang diberi pakan spirulina bubuk.

4. Pertumbuhan

Fase hidup dan pertumbuhan dari mikroalga dimulai dari fase lag sampai fase kematian (Prayitno, 2016; Erlangga *et al.*, 2021). Fase pertumbuhan mikroalga berbentuk kurva sigmoid seperti pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Fase Pertumbuhan Mikroalga (Prayitno, 2016)

Menurut Erlangga *et al.* (2021), umur kultur *Thalassiosira* sp. adalah selama 7 hari dari fase lag hingga kematian. Fase pertumbuhan mikroalga (*Thalassiosira* sp.) terdiri atas 4 fase. Keempat fase tersebut antara lain (Prayitno, 2016; Erlangga *et al.*, 2021):

a. Fase Lag (Adaptasi)

Pada fase ini, *Thalassiosira sp.* membutuhkan waktu untuk beradaptasi dengan cahaya dan tempat kultur yang baru. Secara fisiologis, sel-sel mikroalga tersebut akan mempersiapkan diri untuk melakukan pembelahan sel dengan cara memproduksi sejumlah enzim dan senyawa metabolisme. Dalam fase ini, sel yang membelah masih sedikit sehingga jumlah sel tidak banyak mengalami peningkatan.

b. Fase Eksponensial

Fase eksponensial dari *Thalassiosira sp.* terjadi pada hari ke-2 sampai pada hari ke-4. Setelah fase lag, sel-sel memasuki fase pertumbuhan eksponensial, dimana sel-sel membelah diri dengan cepat. Pada fase eksponensial, *Thalassiosira sp.* sudah mengalami pertumbuhan yang signifikan, karena telah tersedianya enzim-enzim dan senyawa-senyawa metabolit yang dibutuhkan untuk pembelahan sel. Selain itu, umumnya pada fase eksponensial, kandungan nutrisi dalam sel sangat tinggi, sehingga kondisi mikroalga berada pada kondisi yang paling optimal.

c. Fase Stationer

Fase stasioner *Thalassiosira sp.* terjadi pada hari ke-5 sampai pada hari ke-6. Pada fase ini *Thalassiosira sp.* mengalami pertumbuhan yang paling tinggi dan tetap konstan. Pada fase stationer, laju pertumbuhan sel seimbang dengan laju kematian sel (tidak mengalami pertumbuhan dan penurunan sel yang signifikan).

d. Fase Kematian

Fase kematian dari *Thalassiosira sp.* terjadi pada hari ke-7. Pada fase kematian, *Thalassiosira sp.* telah mencapai batas puncak pertumbuhan atau mencapai kepadatan maksimum. Sehingga laju pertumbuhan *Thalassiosira sp.* pada fase ini akan mengalami penurunan yang ditandai dengan berkurangnya kepadatan populasi.

B. Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

1. Klasifikasi dan Morfologi

Menurut Amri & Kanna (2008), klasifikasi dari udang vaname (*L. vannamei*) adalah sebagai berikut:

Filum	: Arthropoda
Kelas	: Crustacea
Ordo	: Decapoda
Famili	: Penaeidae

Genus/Marga : *Litopenaeus*
Spesies/Jenis : *Litopenaeus vannamei*

Udang vaname (*L. vannamei*) dikenal juga dengan udang kaki putih, termasuk golongan krustasea (udang-udangan) dan dikelompokkan sebagai udang laut atau udang penaeid. Udang vaname memiliki tubuh yang dibalut kulit tipis keras dari bahan *chitin* berwarna putih kekuning-kuningan dengan kaki berwarna putih. Morfologi udang vaname dapat dilihat pada Gambar 3. Tubuh udang vaname dibagi menjadi dua bagian besar, yakni bagian *cephalothorax* yang terdiri atas kepala dan dada serta bagian abdomen yang terdiri atas perut dan ekor. Bagian *cephalothorax* terdiri atas lima ruas kepala dan delapan ruas dada, sementara tubuhnya terdiri atas enam ruas dan satu ekor (*telson*). Bagian depan kepala yang menjorok merupakan kelopak kepala yang memanjang dengan bagian pinggir bergerigi yang disebut *rostrum*. Bagian *rostrum* bergerigi dengan 9 gerigi pada bagian atas dan 2 gerigi pada bagian bawah. Di bawah pangkal kepala terdapat sepasang mata (Amri & Kanna, 2008).

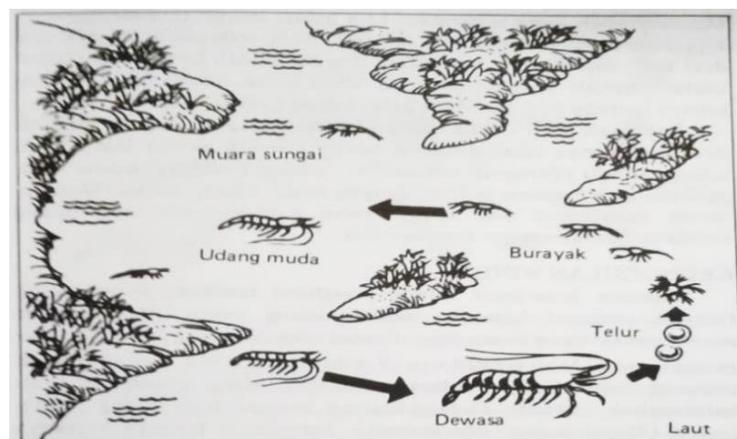


Gambar 3. Udang Vaname (*L. vannamei*) (Dokumentasi Pribadi)

Selain itu, juga terdapat mulut dan kelengkapan anggota lain seperti sungut kecil (*antennule*), sirip kepala (*scaphocerit*), sungut besar (*antenna*), rahang (*mandibula*), alat bantu rahang (*maxilla*), dan maxilliped. Pada bagian dada, di setiap ruas terdapat sepasang *pereopod*. Pada tiga pasang *pereopod* yang berada di depan, bagian ujungnya berbentuk seperti pinset yang berfungsi untuk mengambil makanan. Sedangkan dua pasang *pereopod* yang terletak di belakang dengan tampilan ujung meruncing digunakan sebagai kaki jalan. Pada bagian *abdomen* terdapat lima pasang kaki renang (*pleopods*). Di bagian belakang terdapat ekor kipas (*uropoda*) yang berfungsi sebagai kemudi disertai ujung ekor yang melancip (*telson*) (Murtidjo, 2003; Suyanto & Takarina, 2009).

2. Habitat dan Siklus Hidup

Udang menjadi dewasa dan bertelur di laut. Setelah telur menetas, keluarlah burayak (larva) tingkat pertama, yang kita namakan nauplius. Dalam waktu 46-50 jam, nauplius berubah menjadi burayak tingkat kedua yang kita namakan zoea. Setelah lima hari zoea berubah lagi menjadi burayak tingkat ketiga yang kita namakan mysis. Dalam waktu 4-5 hari mysis berubah menjadi burayak tingkat akhir atau post larva. Selama hidupnya dari nauplius sampai stadia post larva, mereka hidup dalam air mengikuti ombak dan arus. Biasanya mereka mendekati daerah pantai setelah menjadi post larva. Post larva berkeliaran di pantai menyusuri terusan-terusan dan muara sungai, dan akhirnya masuk ke rawa-rawa air payau dan tambak-tambak. Di daerah ini, mereka akan tumbuh menjadi udang muda (juvenile) hingga menjadi udang dewasa (Gambar 4) (Suyanto & Mudjiman, 2005).



Gambar 4. Siklus Hidup Udang Laut atau Penaeid (Suyanto & Mudjiman, 2005)

3. Metamorfosis

Metamorfosis krustasea merupakan proses pertumbuhan dan perkembangan fisik tubuh krustasea yang meliputi tahapan transisi satu bentuk tubuh ke bentuk tubuh selanjutnya (larva menjadi dewasa). Metamorfosis dapat dianggap pula sebagai peristiwa ganti kulit khusus (*Ecdysis*). *Ecdysis* (juga disebut sebagai molting) adalah proses siklus di mana *ecdysozoans* tumbuh, dengan mengganti eksoskeleton lama yang mengeras dengan yang lain dan kemudian mengeraskan eksoskeleton yang baru terbentuk dengan ukuran lebih besar. Perubahan fisik terjadi akibat pertumbuhan sel dan aktivitas gen. Metamorfosis yang baik akan meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan secara optimal, karena akan mempengaruhi peningkatan kondisi fisiologis tubuh dan ketahanannya terhadap lingkungan. Perkembangan metamorfosis dari stadia larva menjadi indikator kualitas suatu larva, semakin baik proses perkembangan metamorfosisnya maka akan

berdampak baik pada kuantitas dan kualitas larva tersebut (Ventura *et al.*, 2017). Perkembangan metamorfosis udang terdiri atas beberapa tahapan stadia sebagai berikut:

a. Stadia *Nauplius*

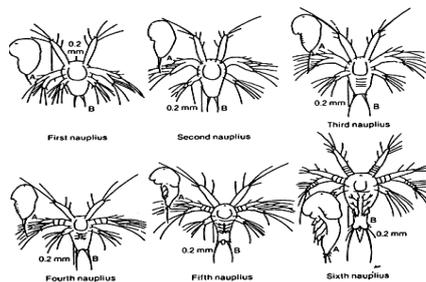
Pada stadia *nauplius* ini udang akan mengalami metamorfosis sebanyak 6 kali, yaitu *nauplius* 1 sampai *nauplius* 6 dengan interval waktu 2-3 hari dengan ciri-ciri pada Tabel 1 dan Gambar 5.

Tabel 1. Ciri-ciri perkembangan nauplius udang

Stadia <i>Nauplius</i>	Ciri-Ciri
<i>Nauplius</i> 1	Bentuk badannya masih bulat telur, tetapi sudah memiliki 3 pasang anggota badan.
<i>Nauplius</i> 2	Badan masih bulat tetapi pada ujung antena pertama terdapat sehelai rambut yang satu panjang dan dua lainnya pendek.
<i>Nauplius</i> 3	Tunas maxilla dan maxilliped mulai tampak, demikian juga furcal yang jumlahnya dua buah dan mulai jelas terlihat masing-masing 3 dari spesiesnya.
<i>Nauplius</i> 4	Pada antena kedua mulai tampak beruas-ruas dan pada setiap furcal terdapat 4 buah.
<i>Nauplius</i> 5	Organ pada bagian depan sudah mulai tampak jelas disertai dengan tumbuhnya tonjolan.
<i>Nauplius</i> 6	Perkembangan bulu-bulu makin sempurna dan pada furcal mulai makin panjang.

Sumber: BPBAP Takalar, 2018

Stadia *nauplius* akan mengalami perubahan menjadi *zoea* setelah mencapai *nauplius* 6 sehingga harus diberikan pakan alami agar pada saat perpindahan stadia ke *zoea* makanan telah tersedia dimana pada stadia *zoea* kuning telur yang dibawa sejak masih stadia *nauplius* sudah habis.



Gambar 5. Ciri - Ciri Perkembangan Stadia Nauplius (BPBAP Takalar, 2018)

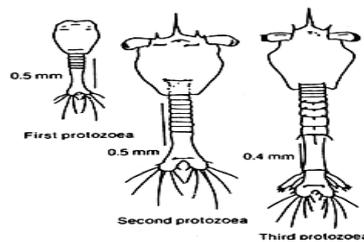
b. Stadia *Zoea*

Stadia *zoea* berkembang selama 3-4 hari, tergantung pada kondisi lingkungan dan pada stadia ini mengalami tiga kali metamorfosis sebelum jadi *mysis* dengan ciri-ciri pada Tabel 2 dan Gambar 6.

Tabel 2. Ciri-ciri perkembangan zoea

Stadia Zoea	Ciri-Ciri
Zoea 1	Badan pipih, mata dan karapas mulai tampak, maxilla pertama dan kedua mulai berfungsi, alat-alat pencernaan tampak jelas.
Zoea 2	Mata mulai bertangkai dan pada karapas sudah terlihat rostrum dan duri.
Zoea 3	Sepasang yang bercabang 2 mulai berkembang dan duri pada ruas-ruas perut mulai tumbuh.

Sumber: BPBAP Takalar, 2018



Gambar 6. Ciri-ciri Perkembangan Stadia Zoea (BPBAP Takalar, 2018)

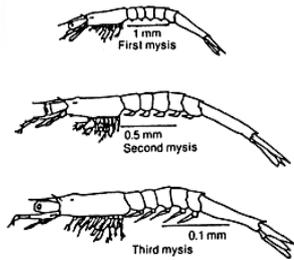
c. Stadia *Mysis*

Pada stadia zoea akan menjadi *mysis* setelah mengalami 3 kali pergantian substadia dengan interval waktu 3 - 4 hari. Pada stadia *mysis* mirip dengan udang dewasa namun bersifat planktonis dan bergerak mundur dengan cara membengkokkan badannya dan lebih kuat berenang sehingga dapat mencari dan menangkap makanannya. Stadia *mysis* mengalami metamorfosis sebanyak 3 kali dengan ciri-ciri pada Tabel 3 dan Gambar 7.

Tabel 3. Ciri-ciri perkembangan stadia *mysis*

Stadia <i>Mysis</i>	Ciri-Ciri
<i>Mysis</i> 1	Bentuk badan ramping dan memanjang seperti udang muda, tapi kaki renang belum nampak.
<i>Mysis</i> 2	Tunas kaki renang mulai tampak tapi belum beruas-ruas.
<i>Mysis</i> 3	Tunas renang bertambah panjang dan beruas.

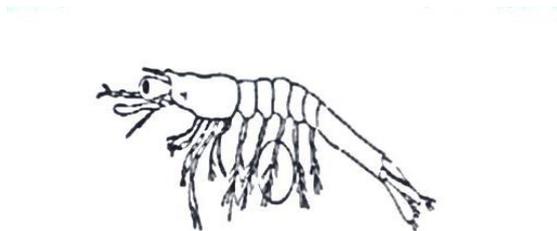
Sumber: BPBAP Takalar, 2018



Gambar 7. Ciri-ciri Perkembangan Stadia Mysis (BPBAP Takalar, 2018)

d. Stadia Post Larva- Dewasa

Setelah lepas dari sub stadia *mysis* 3 selanjutnya menjadi post larva dan mulai dinamakan PL1. Stadia post larva mempunyai ciri-ciri yaitu mempunyai *pleopod* yang berambut (*stea*) untuk berenang, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Stadia Post Larva (BPBAP Takalar, 2018)

Sejak PL1 akan terhitung PL2 apabila terjadi pergantian kulit (*moulting*) dan begitu seterusnya. Pada stadia ini yang perlu diperhatikan adalah kualitas air media pemeliharaan harus tetap terjaga.

4. Kebiasaan Makan dan Kebutuhan Nutrisi

Udang vaname termasuk hewan omnivora (pemakan segala), namun cenderung bersifat karnivora (pemakan daging). Udang vaname juga memiliki sifat kanibalisme, apabila terjadi kekurangan makanan atau makanan yang tersedia memiliki mutu yang rendah. Secara alami pemilihan terhadap jenis makanan sangat bervariasi dilihat tergantung tingkat stadia pada udang (Farchan & Mulyono, 2011).

Udang vanamei bersifat nocturnal, artinya aktif mencari makan pada malam hari atau apabila intensitas cahaya berkurang dan menjadi pasif ketika intensitas cahaya tinggi (Santos *et al.*, 2016). Udang vaname mencari dan mengidentifikasi pakan menggunakan sinyal kimiawi berupa getaran dengan bantuan organ sensor yang terdiri dari bulu-bulu halus (*setae*). Organ sensor ini terpusat pada ujung anterior antenula, bagian mulut, capit, antena, dan *maxilliped*. Dengan bantuan sinyal kimiawi yang ditangkap, udang akan merespon untuk mendekati atau menjauhi

sumber pakan. Bila pakan mengandung senyawa organik, seperti protein, asam amino, dan asam lemak maka udang akan merespon dengan cara mendekati sumber pakan tersebut (Farchan & Mulyono, 2011).

Udang memerlukan nutrisi tertentu dalam jumlah tertentu untuk pertumbuhan, pemeliharaan tubuh dan peningkatan imunitas tubuh. Selain baik kualitasnya, pemberian pakan yang tepat harus memperhatikan jumlah dan komposisi gizi dari pakan yang dapat memenuhi kebutuhan nutrisi kultivan (Afrianto dan Liviawaty, 2005). Pakan yang berkualitas harus mengandung nutrisi yang lengkap, diantara protein, lemak, karbohidrat.

a. Protein

Protein adalah kandungan nutrisi yang sangat berperan penting dalam pertumbuhan, perkembangan dan kelangsungan hidup udang. Sekitar tiga per empat zat pada tubuh bersumber dari protein. Protein tersusun dari beberapa asam amino, yang rantai asam aminonya (-NH₂) berikatan dengan kelompok carboxil (-COOH). Protein merupakan zat pembangun dan penyusun jaringan baru untuk pertumbuhan, pergantian jaringan yang rusak, sebagai zat pengatur dalam pembentukan enzim dan hormon, mengatur berbagai proses metabolisme dalam tubuh, serta sebagai sumber energi pada saat kebutuhan energi tidak terpenuhi oleh karbohidrat dan lemak (Fujaya & Sudaryono, 2015; Lante *et al.*, 2015). Kebutuhan protein untuk pertumbuhan udang vaname optimum menurut Zainuddin *et al.* (2017), berkisar antara 40–50%. Menurut Lante *et al.* (2015), komposisi asam amino relatif cukup lengkap pada pakan udang yang berprotein 40 dan 50%.

b. Lemak

Lemak merupakan senyawa kimia yang terdapat dalam makanan dan tubuh. Lemak dikenal juga dengan istilah lipid. Lemak berfungsi sebagai sumber energi dan membantu dalam penyerapan mineral serta vitamin terlarut dalam lemak (vitamin A, D, E, dan K) serta terlibat dalam proses penting seperti moulting, pertumbuhan dan reproduksi (Marzuqi *et al.*, 2006; Awaludin *et al.*, 2021). Krustasea memiliki kemampuan terbatas untuk menyintesis asam lemak tak jenuh tinggi (HUFA) dan tidak memiliki kemampuan untuk menyintesis sterol, sehingga perlu disuplai dari luar tubuh yakni melalui pakan (Awaludin *et al.*, 2021). Berdasarkan SNI 7311: 2009, kebutuhan lemak dalam pakan untuk pertumbuhan larva adalah maksimum 10%.

Komposisi utama dari lemak adalah asam lemak. Asam lemak dibentuk oleh rantai alifatik hidrofobik dan gugus karboksilat hidrofilik (Zghaibi *et al.*, 2019). Menurut Sumbono (2021), asam lemak tersusun atas sejumlah atom karbon dan rantai

karbon. Asam lemak dikategorikan menjadi 3 macam berdasarkan pada sifat rantai alifatiknya yaitu asam lemak jenuh (SFA), asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) dan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) (Zghaibi *et al.*, 2019). Efek biologis asam lemak di dalam tubuh organisme memiliki banyak fungsi, diantaranya sebagai komponen struktural penting dari membran sel, berfungsi sebagai sumber energi dan cadangan makanan, serta berperan penting dalam proses metabolisme dalam tubuh, sistem saraf pusat dan penglihatan (Sumbono, 2021). Menurut Nolasco-Alzaga *et al.* (2018) dan Lu *et al.* (2021), asam lemak khususnya EPA, DHA, dan ARA, memberikan stabilitas struktural dan fisiologis pada sel dan jaringan, memainkan peran penting dalam respons stres dan sistem kekebalan tubuh sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup.

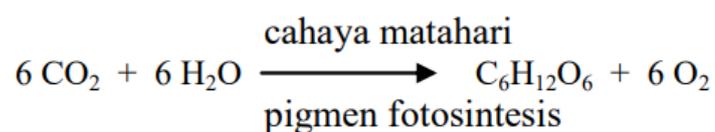
c. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan salah satu dari 3 sumber energi penting pada pakan selain protein dan lemak. Selain dibutuhkan sebagai sumber energi, udang juga membutuhkan karbohidrat untuk sintesis kitin. Zat kitin berperan dalam proses pertumbuhan udang yakni membentuk dan menggantikan eksoskeleton selama molting (Zainuddin *et al.*, 2014).

C. Proses Fotosintesis pada Mikroalga

Fotosintesis adalah suatu proses biokimia pembentukan zat makanan seperti karbohidrat yang dilakukan oleh tumbuhan, terutama yang mengandung zat hijau daun atau klorofil. Meskipun alga tidak memiliki struktur yang lebih kompleks dari tumbuhan darat, proses fotosintesis pada keduanya berlangsung dengan cara yang sama (Wiraatmaja, 2017). Mikroalga *Thalassiosira* sp. termasuk mikroalga yang dapat melakukan fotosintesis. Fotosintesis merupakan faktor penting yang akan mempengaruhi kelangsungan hidup dan metabolisme pada mikroalga. Pada proses fotosintesis terjadi proses pembentukan energi dengan bantuan cahaya matahari dan bahan baku berupa karbondioksida (CO₂) dan air (Susilo *et al.*, 2017; Kristiawan *et al.*, 2018; Sanchez-Bayo *et al.*, 2020).

Persamaan reaksi kimia dari fotosintesis adalah sebagai berikut (Ai, 2012):



Tumbuhan menyerap cahaya yang akan digunakan dalam fotosintesis menggunakan pigmen yang disebut klorofil. Klorofil terdapat dalam kloroplas. Pada

tumbuhan dan alga, fotosintesis terjadi pada organel yang disebut kloroplas. Kloroplas merupakan organel sel yang ditutupi oleh suatu membran. Membran tersebut tersusun oleh membran dalam fosfolipid, membran luar fosfolipid, dan membran antara kedua membran itu. Di dalam membran, terdapat cairan yang disebut stroma. Stroma mengandung tumpukan (grana) tilakoid. Tempat terjadinya fotosintesis adalah pada membran tilakoid, yang mengandung kompleks membran integral dan kompleks membran peripheral, serta termasuk membran yang menyerap energi cahaya, yang membentuk fotosistem (Wiraatmaja, 2017).

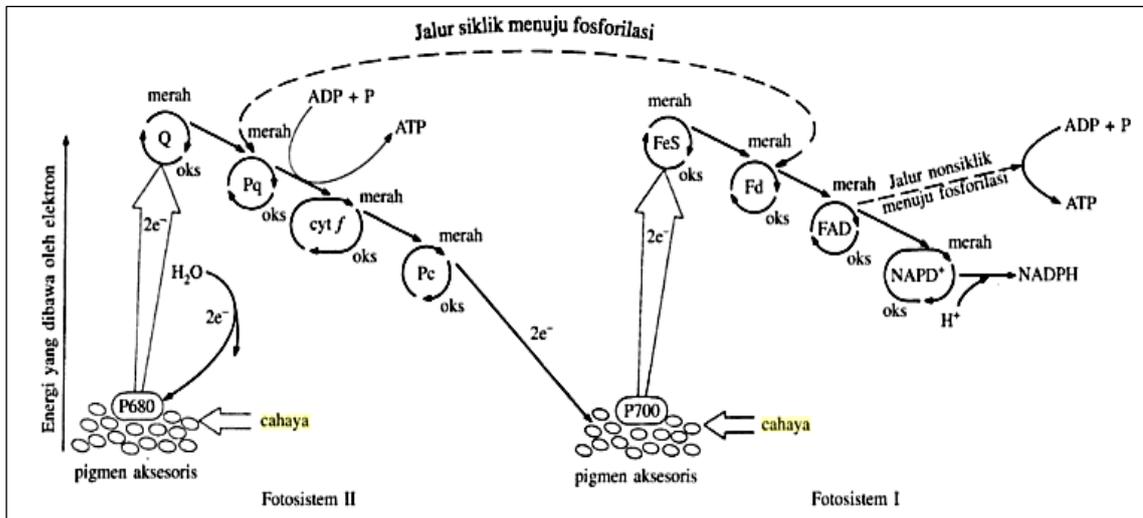
Reaksi fotosintesis terdiri atas dua reaksi, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap. Reaksi terang merupakan reaksi fotosintesis yang memerlukan cahaya, sedangkan reaksi gelap merupakan reaksi fotosintesis yang tidak memerlukan cahaya akan tetapi memerlukan karbondioksida. Proses fotosintesis diawali dengan reaksi terang yang pada prinsipnya adalah mengubah energi cahaya menjadi energi kimiawi berupa ATP (*Adenosina Trifosfat*) dan NADPH (*Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate*). ATP dan NADPH hasil reaksi terang kemudian akan digunakan pada reaksi selanjutnya, yakni reaksi gelap. ATP dan NADPH akan memicu terjadinya proses biokimia melalui siklus calvin, dimana pada proses tersebut karbon dioksida diikat untuk membentuk ribulosa yang kemudian akan menjadi karbohidrat, protein ataupun lemak (Fried & Hademenos, 2005).

1. Reaksi Terang

Reaksi terang adalah proses untuk menghasilkan ATP dan reduksi NADPH_2 (Gambar 9). Reaksi ini memerlukan molekul air dan cahaya. Reaksi terang melibatkan dua fotosistem yang saling bekerja sama, yaitu fotosistem I dan II. Fotosistem I (PS I) berisi pusat reaksi P700, yang berarti bahwa fotosistem ini optimal menyerap cahaya pada panjang gelombang 700 nm, sedangkan fotosistem II (PS II) berisi pusat reaksi P680 dan optimal menyerap cahaya pada panjang gelombang 680 nm.

Reaksi terang diawali dengan penangkapan foton (cahaya) oleh pigmen (klorofil) sebagai antena. Fotosintesis dimulai ketika cahaya mengionisasi molekul air dan klorofil pada fotosistem II, membuatnya melepaskan elektron yang akan ditransfer sepanjang rantai transpor elektron. Energi dari elektron kemudian digunakan untuk fotofosforilasi untuk menghasilkan ATP, yaitu satuan pertukaran energi dalam sel (fotofosforilasi siklik). Reaksi ini menyebabkan fotosistem II mengalami defisit atau kekurangan elektron yang harus segera diganti. Pada tumbuhan/alga, kekurangan elektron dipenuhi oleh elektron dari hasil ionisasi air yang terjadi bersamaan dengan ionisasi klorofil. Hasil ionisasi air adalah elektron dan oksigen. Oksigen dari proses fotosintesis hanya dihasilkan dari air, bukan dari karbon dioksida. Pada saat yang bersamaan dengan ionisasi fotosistem II, cahaya juga mengionisasi fotosistem I,

melepaskan elektron yang ditransfer sepanjang rantai transpor elektron yang akhirnya mereduksi NADP^+ menjadi NADPH (fotofosforilasi siklik).



Gambar 9. Reaksi terang fotosintesis (Fried & Hademenos, 2005)

2. Reaksi Gelap

Reaksi gelap atau biasa disebut siklus Calvin terjadi di stroma kloroplas. Reaksi ini bertujuan untuk mengubah karbon dioksida (CO_2) menjadi bahan penyusun glukosa, gliseraldehid-3-fosfat (PGAL) (Gambar 10).

a. Fiksasi

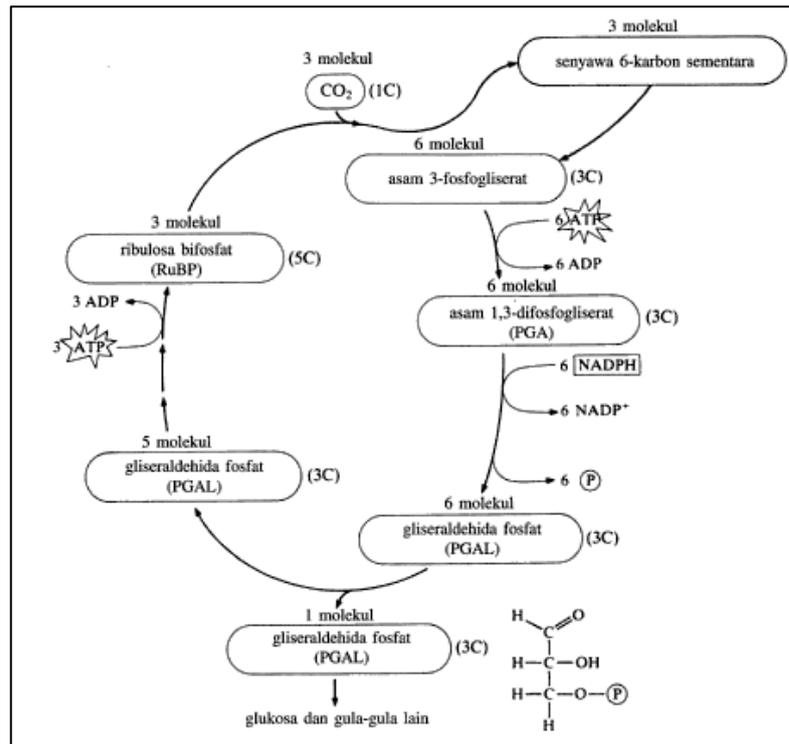
Pada tahap ini, CO_2 dalam stroma akan diikat ke molekul organik ribulosa bifosfat (RuBP) oleh bantuan enzim ribulosa bifosfat karboksilase-oksidas (Ru-BisCO). RuBP dengan 5 atom C kemudian diikat dengan CO_2 dan menghasilkan fosfoglisarat (PGA) dengan 6 C. Dalam satu siklus, terdapat tiga molekul CO_2 yang bereaksi dengan tiga molekul RuBP sehingga dihasilkan 6 molekul 3-PGA.

b. Reduksi

Energi ATP dan NADPH yang dihasilkan dari reaksi terang dipakai untuk mereduksi 6 molekul 3-PGA menjadi 6 gliseraldehid 3-fosfat (PGAL). Setiap molekul 3-PGA akan menerima gugus fosfat dari ATP dan membentuk 1,3-bifosfoglisarat. Selanjutnya, 1,3-bifosfoglisarat menerima elektron dari NADPH sehingga tereduksi menjadi PGAL. Dengan demikian, 3 molekul CO_2 yang memasuki siklus Calvin akan menghasilkan 6 PGAL.

c. Regenerasi

Pada tahap regenerasi, hanya ada 1 molekul PGAL yang meninggalkan siklus Calvin akan dikirim ke sitoplasma untuk digunakan dalam pembentukan senyawa lain yang dibutuhkan oleh mikroalga. Sementara 5 molekul PGAL yang tersisa tetap berada dalam siklus yang digunakan untuk regenerasi RuBP kembali.



Gambar 10. Reaksi gelap fotosintesis (Fried & Hademenos, 2005)

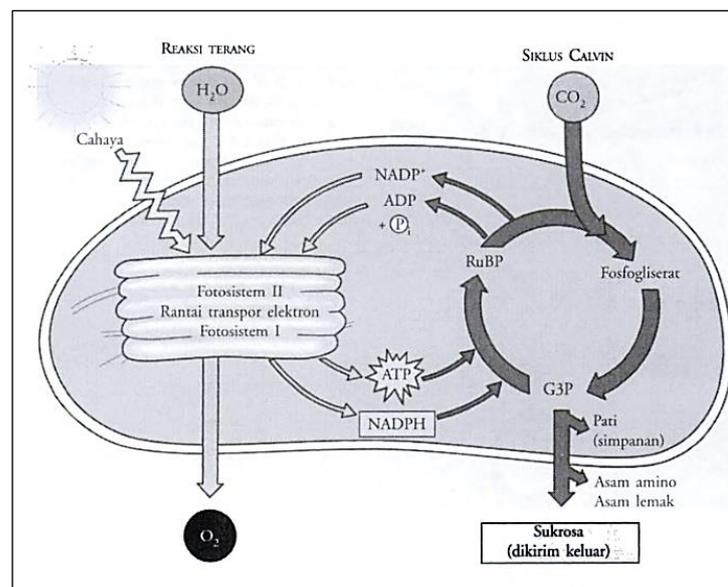
Walaupun molekul PGAL yang tersisa dapat dikonversi menjadi glukosa melalui pembalikan jalur glikolitik yang biasa, namun PGAL tidak disimpan seperti itu di dalam sel. Akan tetapi terbentuk disakarida atau yang lebih sering terakumulasi dalam bentuk pati di tempat berlangsungnya aktivitas fotosintesis. Sel alga juga bisa mengkonversi PGAL menjadi lipid dan protein yang diperlukannya (Fried & Hademenos, 2005).

D. Hubungan Cahaya Terhadap Pertumbuhan dan Komposisi Biokimia Mikroalga

Cahaya adalah sumber energi primer bagi suatu ekosistem. Cahaya memiliki peran yang sangat vital dalam produktivitas primer, karena hanya dengan energi cahaya, tumbuhan ataupun mikroalga dapat menggerakkan mesin fotosintesis dalam tubuhnya (Mukharomah, 2021). Sumber energi cahaya dapat diperoleh dari cahaya matahari ataupun dari lampu (Coutteau, 1996 dalam Noerdjito, 2017). Cahaya merupakan sumber energi dalam fotosintesis yang berguna dalam pembentukan senyawa karbon organik (Ai, 2012). Cahaya yang jatuh ke permukaan perairan sebenarnya berupa radiasi gelombang elektromagnetik yang mempunyai spektrum lebar, dengan panjang gelombang 300-2500 nm (1 nano meter (nm) = 10^{-9} m). Namun, yang dapat ditangkap oleh jenis mikroalga/fitoplankton hanyalah radiasi dalam spektrum dengan panjang gelombang 400-720 nm. Cahaya yang menembus perairan akan mengalami dua

perubahan penting. Pertama, energinya akan semakin berkurang secara eksponensial, dan kedua lebar spektrumnya akan semakin menyempit (Nontji, 2008).

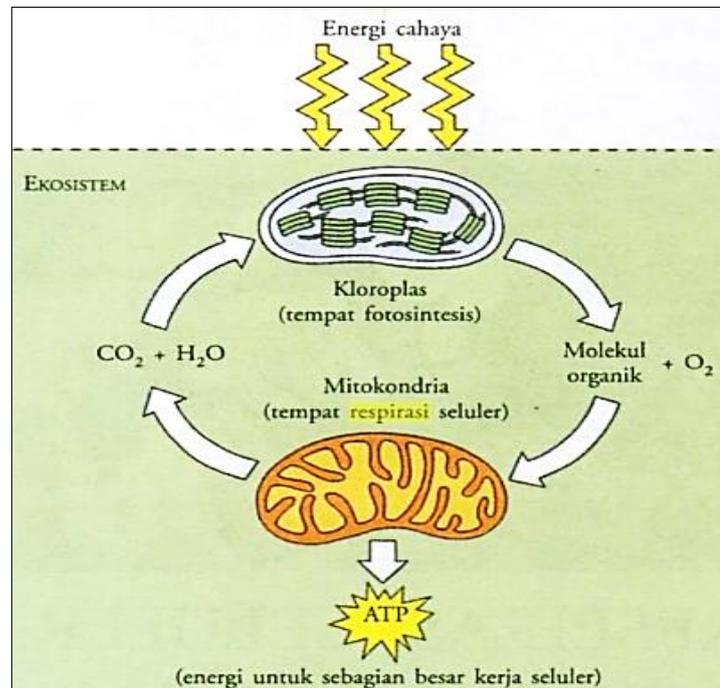
Intensitas cahaya sangat menentukan pertumbuhan mikroalga yaitu dilihat dari lama penyinaran dan panjang gelombang yang digunakan untuk fotosintesis. Intensitas cahaya berperan penting dalam proses fotosintesis mikroalga, yakni sebagai faktor pembatas utama dalam produktivitas primer. Faktor cahaya akan mempengaruhi pertumbuhan mikroalga, aktivitas fisiologis dan komposisi biokimia tubuh dari mikroalga yang dikultur (Banerjee *et al.*, 2011; Maynardo *et al.*, 2015; Fakhri *et al.*, 2017; Hung, 2017; Zanella & Vianello, 2020). Kebutuhan mikroalga terhadap cahaya bervariasi, disesuaikan dengan kedalaman kultur dan kepadatannya (Anggreni dan Sandhi, 2015). Secara umum, mikroalga dapat tumbuh pada intensitas cahaya dengan kisaran 1.000-10.000 lux (FAO, 1996). Menurut Utami *et al.* (2012), apabila intensitas cahaya yang diberikan tidak sesuai dengan kisaran pertumbuhan dari mikroalga, maka akan menyebabkan terganggunya metabolisme sel sehingga akan menghambat pembelahan sel pada mikroalga.



Gambar 11. Energi cahaya membentuk energi kimiawi pada proses fotosintesis (Campbell *et al.*, 2002).

Selain berpengaruh pada pertumbuhan dan pembelahan sel, cahaya juga akan mempengaruhi komposisi biokimia sel dan fisiologis mikroalga. Energi cahaya yang memasuki bagian kloroplas akan disimpan sebagai energi kimiawi dalam senyawa organik (Gambar 11). Reaksi terang menangkap energi matahari dan menggunakannya untuk membuat ATP dan mentransfer elektron dari air ke $NADP^+$. Siklus Calvin menggunakan ATP dan NADPH untuk memproduksi gula dari karbon dioksida. Gula yang dibuat dalam kloroplas memasok keseluruhan tumbuhan dengan energi kimiawi dan rangka karbon untuk mensintesis semua molekul organik utama sel

tumbuhan. Sel tumbuhan menyimpan gula tersebut dalam bentuk pati. Pada sebagian besar tumbuhan, termasuk mikroalga, karbohidrat hasil fotosintesis juga akan diangkut dalam bentuk sukrosa. Setelah sampai di sel nonfotosintetik, sukrosa tersebut akan menyediakan bahan mentah untuk respirasi seluler (Gambar 12) dan banyak sekali jalur anabolik yang mensintesis produk lain seperti protein dan lipid (Campbell *et al.*, 2002).

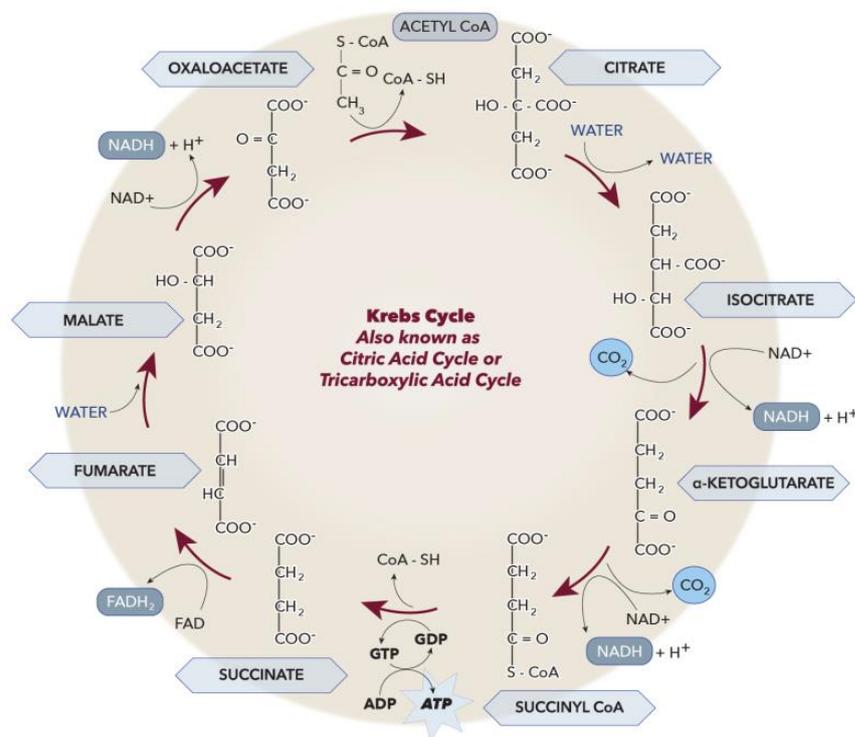


Gambar 12. Siklus ulang pada proses fotosintesis dan respirasi seluler (Campbell *et al.*, 2002).

Glukosa memiliki manfaat untuk membentuk zat penting lainnya, termasuk protein dan lemak. Pada proses glikolisis, glukosa akan dipecah menjadi piruvat kemudian didekarboksilasi menghasilkan asetil Ko-enzim A yang akan melalui siklus Krebs (Gambar 13) untuk memproduksi ATP (Campbell *et al.*, 2002). ATP dapat dipergunakan oleh mikroalga salah satunya untuk pertumbuhan dan perkembangan sel. Selain menghasilkan ATP, produk lain dari siklus krebs juga merupakan prekursor bagi berbagai jenis senyawa organik. Asam sitrat adalah prekursor dari kolesterol dan asam lemak. Asam α -ketoglutarat adalah prekursor asam glutamat, purin, dan beberapa asam amino. Suksinil-KoA adalah prekursor klorofil. Asam oksaloasetat adalah prekursor asam aspartat, purin, pirimidin, dan beberapa asam amino (Alberts *et al.*, 2002) .

Semua asam amino disintesis dari zat antara dalam glikolisis, siklus asam sitrat atau jalur pentosa fosfat. Secara umum anabolisme protein bergantung pada beberapa proses yakni sintesis asam amino, transkripsi, translasi, dan pelipatan protein. Sintesis asam amino bergantung pada pembentukan asam alfa-keto yang sesuai. Proses

pembentukan protein diawali dari unsur nitrogen yang diubah menjadi nitrat dan amonium terlebih dahulu agar bisa masuk secara difusi melalui membrane sel. ATP yang dihasilkan dari proses fotosintesis akan dimanfaatkan untuk mengoptimalkan proses difusi unsur nitrogen. Sebagai contoh proses aminasi dapat dibentuk dengan penambahan langsung amonium ke gugus alfa ketoglutarat atau glutamat untuk masing-masing membentuk glutamat atau glutamin (Henggu & Nurdiansyah, 2021). Secara umum intensitas cahaya dan karbondioksida merupakan faktor yang penting dalam proses sintesis protein yang terjadi dalam kloroplas (Susilo *et al.*, 2017). Namun, apabila intensitas cahaya melebihi batas optimal dari kehidupan mikroalga maka akan menyebabkan penurunan kadar protein akibat terjadinya kerusakan pada kloroplas (Zhang *et al.*, 2017; Kong *et al.*, 2021).



Gambar 13. Siklus Krebs (Alabduladhem & Bordoni, 2021)

Di samping itu, glukosa juga membantu membentuk nikotinamida adenin dinukleotida fosfat (NADPH) yang berperan dalam proses pembentukan asam lemak. Pembentukan lemak dari glukosa melalui intermediet glikolisis dan siklus Krebs dan sebagian besar pertemuannya berlangsung melalui pintu gerbang utama siklus (daur) Krebs di mitokondria. Glukosa merupakan sumber energi utama untuk pembentukan asetil KoA yang digunakan dalam biosintesis asam lemak (Campbell *et al.*, 2002). Indrayani *et al.* (2020) mengatakan bahwasanya seiring dengan semakin tingginya intensitas cahaya yang diberikan pada batas kisaran optimum, maka akan dapat

meningkatkan produksi lipid dari mikroalga. Hal ini dikarenakan peningkatan intensitas cahaya meningkatkan produksi hasil fotosintesis dalam sel, sehingga mengakibatkan kandungan lipid juga meningkat.

Cahaya akan merangsang proses foto-oksidasi dalam mikroalga, yang berkontribusi pada proses pertumbuhannya. Lebih banyak cahaya yang diberikan akan menghasilkan pertumbuhan mikroalga yang lebih tinggi. Namun, ketika titik jenuh tercapai, setiap peningkatan intensitas cahaya akan merusak sel mikroalga karena fotoinhibisi. Intensitas cahaya yang lebih tinggi akan menghasilkan lebih banyak panas, sehingga akan menaikkan suhu dan menyebabkan penurunan laju pertumbuhan (Maynardo *et al.*, 2015). Menurut Prayitno (2016), intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat menyebabkan proses fotosintesis terhenti dikarenakan adanya mekanisme jenuh cahaya. Kelebihan cahaya tersebut diubah menjadi panas sehingga suhu kultur naik. Maynardo *et al.* (2015) menjelaskan bahwa intensitas cahaya yang tinggi (seperti 8000 hingga 10.000 lux) dapat berpotensi merusak sel dan mengakibatkan keruntuhan kultur mikroalga. Hal tersebut disebabkan oleh peningkatan intensitas cahaya dan akumulasi panas.

Peningkatan cahaya pada proses kultur juga akan mempengaruhi jumlah nutrisi yang terdapat pada media kultur. Intensitas cahaya yang tinggi akan mempercepat pembelahan sel, namun dapat menyebabkan nutrisi semakin cepat habis. Keterbatasan nutrisi, yang terjadi sebagai akibat dari penipisan sumber daya dalam media kultur selama kultivasi. Peningkatan intensitas cahaya dalam kondisi ini, membuat sel mikroalga cenderung mengakumulasi lebih banyak senyawa penyimpanan yang kaya atom karbon sebagai polisakarida (misalnya pati) dan/atau lipid (Klassen *et al.*, 2018).

E. Kualitas Air

Awal perkembangan organisme mudah dipengaruhi oleh lingkungan. Agar sintasan dan pertumbuhan dan sintasan bertumbuh optimal maka kondisi lingkungan harus pula optimal untuk proses fisiologi pertumbuhan. Beberapa faktor yang berpengaruh adalah suhu, oksigen terlarut, salinitas, pH, dan amonia.

Suhu air dipengaruhi oleh radiasi cahaya matahari, suhu udara, cuaca dan lokasi. Suhu sangat berpengaruh terhadap proses kimia maupun biologi dalam air. Aktivitas metabolik organisme akuatik meningkat seiring bertambahnya suhu (Supono, 2018). *Thalassiosira* sp. dapat tumbuh dari kisaran suhu 10-34 °C (Sheehan *et al.*, 2020). Sedangkan suhu yang dapat ditoleransi oleh udang vaname berkisar antara 26-35°C (WWF, 2014).

Salinitas adalah salah satu faktor abiotik lingkungan yang menunjukkan derajat konsentrasi semua ion yang terlarut dalam air dan dinyatakan dalam satuan *part per thousand* (ppt) (Karim, 2013). Salinitas berpengaruh terhadap tekanan osmotik air. Semakin tinggi salinitas, semakin tinggi osmotik air, sehingga akan mempengaruhi tingkat kerja osmotik organisme akuatik (Supono, 2018).). Kisaran nilai salinitas yang dapat ditoleransi mikroalga *Thalassiosira* adalah 25-50 ppt (Garcia *et al.*, 2012). Sedangkan salinitas yang ideal untuk pertumbuhan udang adalah antara 10-35 ppt, dengan fluktuasi harian tidak lebih dari 5 ppt (WWF, 2014).

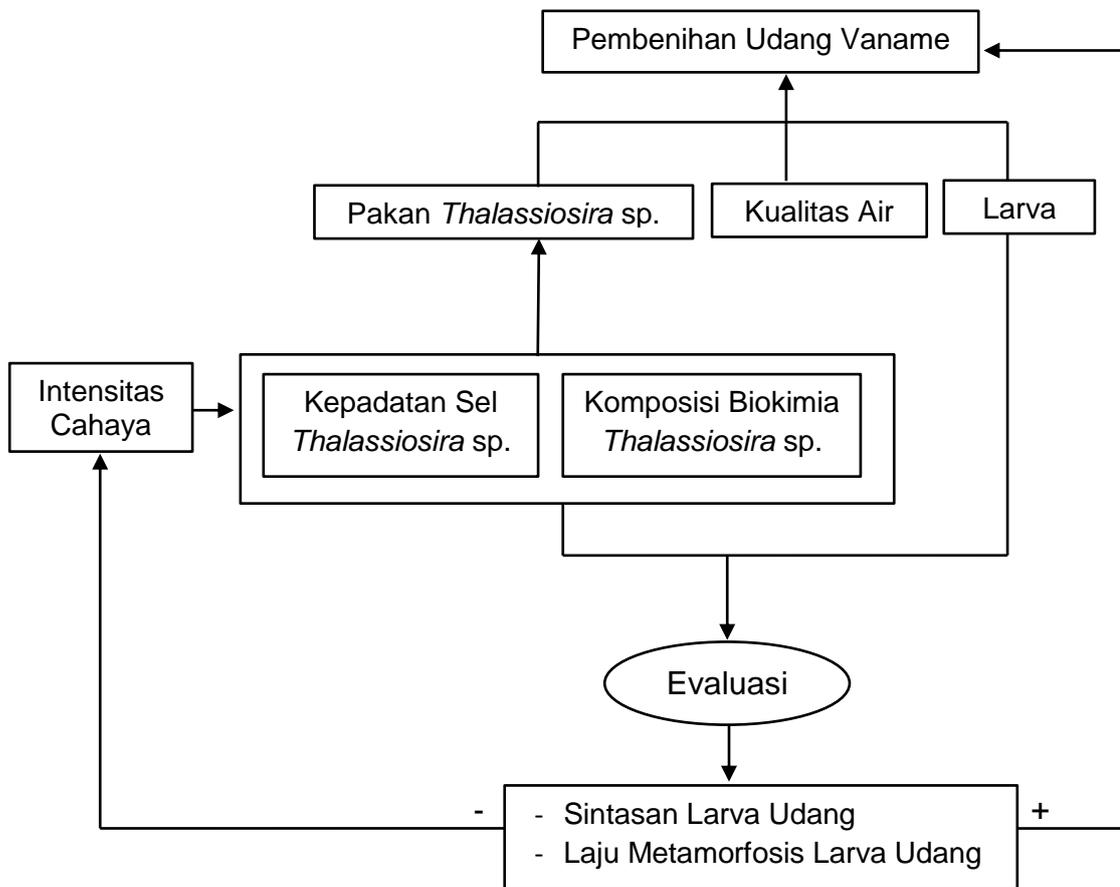
Oksigen Terlarut adalah salah satu faktor lingkungan yang sangat penting dan mempengaruhi proses fisiologis hewan akuatik (Karim, 2013). Menurut Viet *et al.*, (2016), nilai DO minimum untuk kelangsungan hidup organisme akuatik adalah 4 ppm. Adapun nilai DO yang dapat ditoleransi udang vaname adalah > 3 ppm (WWF, 2014).

Menurut Effendi (2003), pH adalah keberadaan konsentrasi ion hidrogen (H^+) di perairan, yang dikenal dengan istilah derajat keasamaan. Menurut Supono (2018), pH adalah logaritma negatif dari konsentrasi hidrogen [H^+] yang mempunyai skala antara 0-14. Kisaran pH untuk kultur mikroalga adalah 7-9 (Chen & Durbin, 1994). Berdasarkan data WWF (2014), pH ideal untuk pertumbuhan udang antara 7,5–8,5 dengan fluktuasi pH harian 0,2-0,5.

Amonia adalah senyawa nitrogen dalam perairan yang berasal dari organisme akuatik. Amonia bersifat toksik sehingga dalam konsentrasi yang tinggi dapat meracuni organisme. Daya racun amonia dipengaruhi oleh kondisi pH, CO_2 , suhu, dan oksigen terlarut dalam perairan (Karim, 2013). Boyd & Fast (1992) *dalam* Mangampa & Suwoyo (2010), mengatakan bahwa konsentrasi NH_3 lebih dari 1,0 mg/L dapat menyebabkan kematian udang, sedangkan konsentrasi lebih dari 0,1 mg/L berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan udang.

F. Kerangka Pikir Penelitian

Adapun alur pemikiran dari penelitian ini disajikan pada Gambar 14 :



Gambar 14. Kerangka Pikir Penelitian

G. Hipotesis

Berdasarkan tujuan penelitian, maka hipotesis penelitian ini adalah:

1. Perlakuan perbedaan intensitas cahaya berpengaruh terhadap kepadatan sel dan komposisi biokimia *Thalassiosira sp.*
2. Perlakuan pakan *Thalassiosira sp.* yang telah dikultur pada perbedaan intensitas cahaya berpengaruh terhadap sintasan dan laju metamorfosis larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).