

**KANDUNGAN PROTEIN FITOPLANKTON LAUT PADA MEDIA
KULTUR YANG BERBEDA**

(Skripsi)

Oleh

**FENTI DWI SAPUTRI
NPM 1814221024**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

THE PROTEIN CONTENT OF MARINE PHYTOPLANKTON IN DIFFERENT CULTURAL MEDIA

By

FENTI DWI SAPUTRI

Fish is one of the marine resources that are widely utilized by humans, especially in marine aquaculture. One of the factors supporting success in marine aquaculture is feed. Providing natural food with good nutritional value determines the survival of cultured fish larvae. Phytoplankton are widely used as a natural food for larvae of marine organisms such as fish because they are high in protein. The protein content of phytoplankton can be increased by modifying the culture media. Widely used phytoplankton culture media are conwy and TMRL. The research conducted from December 2022 to January 2023 in Oceanography Laboratory (University of Lampung), Center for Marine Cultivation Fisheries of Lampung, and Agricultural Product Technology Laboratory (State Polytechnic of Lampung). The research aimed to analyze the density, growth phase, and protein content in phytoplankton *Porphyridium* sp., *Spirulina platensis*, and *Thalassiosira* sp. on different culture media. Density and growth phase of phytoplankton were analyzed using exponential trendline. Protein content in phytoplankton was analyzed using the kjeldahl method. The results showed that *Porphyridium* sp. had the highest cell density and the fastest culture time was cultured with conwy media. Thoroughly, *Spirulina platensis* had the highest protein content cultured using conwy media.

Keywords: *phytoplankton, protein, conwy media, TMRL media*

ABSTRAK

KANDUNGAN PROTEIN FITOPLANKTON LAUT PADA MEDIA KULTUR YANG BERBEDA

Oleh

FENTI DWI SAPUTRI

Ikan merupakan salah satu sumber daya yang banyak dimanfaatkan, khususnya dalam budi daya laut. Salah satu faktor pendukung keberhasilan budi daya laut adalah pakan. Pemberian pakan alami dengan nilai gizi yang baik menentukan keberlangsungan hidup pada larva ikan budi daya. Fitoplankton banyak digunakan sebagai pakan alami bagi larva organisme laut seperti ikan karena kandungan proteinnya yang tinggi. Kandungan protein pada fitoplankton dapat ditingkatkan dengan memodifikasi media kultur. Media kultur fitoplankton yang banyak digunakan adalah conwy dan TMRL. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2022 hingga Januari 2023 di Laboratorium Oseanografi (Universitas Lampung), Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung, dan Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian (Politeknik Negeri Lampung). Penelitian bertujuan untuk menganalisis kepadatan, fase pertumbuhan, dan kandungan protein dalam fitoplankton *Porphyridium* sp., *Spirulina platensis* dan *Thalassiosira* sp. pada media kultur yang berbeda. Kepadatan dan fase pertumbuhan fitoplankton dianalisis menggunakan *trendline exponential*. Kandungan protein pada fitoplankton dianalisis menggunakan metode kjeldahl. Hasil penelitian menunjukkan *Porphyridium* sp. mempunyai kepadatan sel tertinggi dan waktu kultur tercepat jika dikultur dengan menggunakan media conwy. Secara keseluruhan, *Spirulina platensis*, memiliki kandungan protein tertinggi yang dikultur menggunakan media conwy.

Kata kunci: *fitoplankton, protein, media conwy, media TMRL*

**KANDUNGAN PROTEIN FITOPLANKTON LAUT PADA MEDIA
KULTUR YANG BERBEDA**

Oleh

FENTI DWI SAPUTRI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **KANDUNGAN PROTEIN FITO PLANKTON
LAUT PADA MEDIA KULTUR YANG
BERBEDA**

Nama Mahasiswa : **Fenti Dwi Saputri**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1814221024**

Program Studi : **Ilmu Kelautan**

Jurusan : **Perikanan dan Kelautan**

Fakultas : **Pertanian**

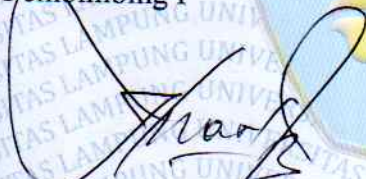


MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**


Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si.
NIP. 197412122000031002


Oktora Susanti, S.Pi., M.Si.
NIP. 198810012019032014

2. **Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan**


Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP. 197008151999031001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si.**

Sekretaris : **Oktora Susanti, S.Pi., M.Si.**

Anggota : **Eko Efendi, S.T., M.Si.**

2. Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Iwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 196110201986031002



Tanggal lulus ujian skripsi : **09 Oktober 2023**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fenti Dwi Saputri

NPM : 1814221024

Judul Skripsi : Kandungan Protein Fitoplankton Laut pada Media Kultur yang Berbeda

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini adalah murni hasil karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan dan data yang saya dapatkan. Karya ini belum pernah dipublikasikan sebelumnya dan bukan plagiat dari karya orang lain. Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terbukti terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 8 Desember 2023



Fenti Dwi Saputri

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung, pada tanggal 24 Mei 2000 sebagai anak dari pasangan suami istri Bapak Sukiman dan Ibu Suprapti. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis memiliki satu orang kakak bernama Eren Apriyanto.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 3 Kota Gajah pada tahun 2006 - 2012, dilanjutkan ke pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 2 Kota Gajah tahun 2012 - 2015, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Kota Gajah pada tahun 2015 - 2018. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di tahun 2018 pada Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis pernah aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) sebagai anggota Bidang Pengembangan Minat dan Bakat pada periode 2018 - 2019 dan 2019 - 2020. Penulis pernah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kota Sari II, Kecamatan Kota Gajah, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung selama 40 hari pada tahun 2021. Penulis pernah melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di Loka Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Laut Serang (LPSPL Serang) pada tahun 2021 dengan judul “Keanekaragaman dan Asosiasi Krustasea dalam Ekosistem Lamun dengan Ekosistem Mangrove serta Upaya Perlindungan di Perairan Teluk Lampung, Provinsi Lampung”.

MOTO HIDUP

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Al Insyirah: 5-6)

“Senyum manismu di hadapan saudaramu adalah shadaqah”

(HR. Tirmidzi)

“Tetap berdoa dan berusaha, percayalah bersabar, dan bersyukurlah selalu dalam segala hal, karena Allah SWT menjadikan semuanya indah pada waktunya. Allah SWT tahu waktu yang tepat untuk mengabulkan permintaan kita”

(Anaz Almansour)

“Selalu ada harapan bagi mereka yang berdoa. Selalu ada jalan bagi mereka yang berusaha”

(Fenti Dwi Saputri)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmannirrohim

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas karunia dan rahmat yang Engkau berikan, skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam selalu dicurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Dengan rasa syukur dan segala kerendahan hati kupersembahkan karya ini untuk orang-orang tercinta sepanjang hidupku:

Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Sukiman dan Ibu Suprapti, yang telah memberikan limpahan cinta dan kasih sayang yang tak terbatas, selalu menguatkan, mendoakan serta senantiasa memberi dukungan dalam segala langkahku.

Kakakku tersayang, Eren Apriyanto, yang telah memotivasi, selalu memberi semangat, nasehat, serta banyak membantuku ketika dalam kesulitan.

Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu dengan tulus dan ikhlas serta teman teman Prodi Ilmu Kelautan 2018.

Serta

Almamaterku tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur selalu terpanjatkan kepada ke hadirat Allah SWT, tak lupa sholawat dan salam penulis curahkan dan limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah melimpahkan segala rahmat beserta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Kandungan Protein Fitoplankton Laut pada Media Kultur yang Berbeda”. Skripsi disusun untuk memenuhi syarat lulus sebagai sarjana sains (S.Si.).

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan.
3. Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T. selaku Ketua Program Studi Ilmu Kelautan yang selalu memberikan bimbingan untuk segala macam kegiatan perkuliahan serta masukan dalam penelitian.
4. Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang membantu memberi arahan serta bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.
5. Oktora Susanti, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membantu memberi arahan dan bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.
6. Eko Efendi, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembahas yang telah memberi saran serta masukan dalam menyelesaikan skripsi.
7. Valentina R.I., S.Si., dan staf BBPBL lainnya yang telah memberi pengalaman dan pengetahuan serta membantu dalam melaksanakan penelitian.

8. Kedua orangtua, saudara, dan keluarga besar tercinta yang telah memberikan banyak dukungan dan mendoakan serta dorongan baik moril maupun material.
9. Aji Pangestu, Melati Laurensia, Miftahul Hasanah, Bella Kurnia, Intan Tri Septiana, Dani Tri Ananto, Selvana Morita Br Sitepu, Noni Marinda, Desmi Purnamasari, Melissa Theresia, Caroline Lydia Aulia, dan Dewi Ratna Sari yang selalu memberi dukungan dan semangat kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi.
10. Teman-teman Ilmu Kelautan angkatan 2018 yang selalu memberi bantuan dan dukungan selama perkuliahan ini.

Semoga bantuan dan dukungan yang telah diberikan mendapat pahala dan hikmah dari Allah SWT. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat diharapkan. Selain itu, semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Desember 2023

Fenti Dwi Saputri

NPM. 1814221024

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Pemikiran	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bioekologi Fitoplankton.....	5
2.2 Klasifikasi dan Morfologi	6
2.2.1 Klasifikasi <i>Porphyridium</i> sp.....	6
2.2.2 Morfologi <i>Porphyridium</i> sp.....	7
2.2.3 Klasifikasi <i>Spirulina platensis</i>	8
2.2.4 Morfologi <i>Spirulina platensis</i>	9
2.2.5 Klasifikasi <i>Thalassiosira</i> sp.	10
2.2.6 Morfologi <i>Thalassiosira</i> sp.	11
2.3 Faktor Pembatas	12
2.3.1 Suhu.....	12
2.3.2 Cahaya	12
2.3.3 pH Air.....	13
2.3.4 Nutrien.....	14
2.3.5 Salinitas	14
2.3.6 Oksigen Terlarut.....	15
2.4 Protein	15
III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	17
3.3 Rancangan Penelitian.....	18
3.3.1 Penelitian Pendahuluan.....	18
3.3.2 Kepadatan Fitoplankton.....	19
3.3.3 Rancangan Lingkungan	20

3.3.4 Perhitungan Sampel	20
3.4 Prosedur Penelitian	21
3.4.1 Sterilisasi.....	21
3.4.2 Persiapan Media Kultur Fitoplankton.....	22
3.4.3 Kultur Fitoplankton.....	23
3.5 Analisis Protein	23
3.6 Analisis Data	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Kepadatan dan Fase Pertumbuhan	26
4.2 Protein Kasar Intraseluler.....	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan vitamin <i>Spirulina platensis</i>	10
2. Alat penelitian	17
3. Bahan penelitian.....	18
4. Kepadatan awal fitoplankton laut (sel/mL).....	19
5. Komposisi pupuk conwy dan TMRL.....	22
6. Konversi dari kadar N menjadi kadar protein berbagai macam bahan	25
7. Waktu panen rata-rata fitoplankton pada fase akhir eksponensial.....	26
8. Fase pertumbuhan fitoplankton laut pada hasil penelitian pendahuluan	28
9. Kandungan protein pada fitoplankton penelitian	32
10. Kandungan protein rata-rata pada fitoplankton uji dari berbagai literatur.....	32
11. Kepadatan fitoplankton <i>Porphyridium</i> sp. media conwy.....	45
12. Kepadatan fitoplankton <i>Porphyridium</i> sp. media TMRL	45
13. Kepadatan fitoplankton <i>Spirulina platensis</i> media conwy.....	46
14. Kepadatan fitoplankton <i>Spirulina platensis</i> media TMRL	46
15. Kepadatan fitoplankton <i>Thalassiosira</i> sp. media conwy	47
16. Kepadatan fitoplankton <i>Thalassiosira</i> sp. media TMRL.....	47
17. Kandungan protein fitoplankton laut (%)	48
18. Kandungan protein fitoplankton laut (mg/g).....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	4
2. <i>Porphyridium</i> sp.	7
3. <i>Spirulina platensis</i>	9
4. <i>Thalassiosira</i> sp.	11
5. Tata letak wadah kultur fitoplankton	20
6. Kepadatan fitoplankton dengan media conwy dan TMRL pada penelitian pendahuluan	27
7. Kepadatan sel pada media kultur yang berbeda.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pengamatan kepadatan fitoplankton	45
2. Analisis protein	48
3. Perhitungan	49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan budi daya perikanan harus diimbangi dengan ketersediaan larva atau benih ikan yang memadai, baik dari segi jumlah maupun segi kualitas. Faktor penunjang keberhasilan dalam budi daya ikan salah satunya adalah pakan, pemberian pakan alami mempunyai nilai gizi yang tinggi terhadap larva ikan (Rijal, 2016). Pemberian pakan yang berkualitas dalam jumlah yang cukup akan memperkecil persentase kematian pada larva (Widiastuti *et al.*, 2012).

Widjaja (2004) menjelaskan bahwa pakan alami mempunyai kelebihan dibandingkan dengan pakan buatan, yaitu kandungan gizi yang seimbang dan juga berperan dalam menjaga kualitas air. Budi daya pakan alami yang dilakukan oleh pembudi daya ikan menjanjikan sejumlah keuntungan. Salah satunya adalah kualitas kebersihan pakan terjamin dan juga pakan alami produksi sendiri menghasilkan jenis pakan yang hemat waktu, biaya, dan tenaga (Husma, 2017).

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan pakan alami adalah ukuran yang sesuai dengan bukaan mulut larva, mudah dicerna, tidak beracun, dan mengandung nutrisi tinggi. Ketersediaan pakan alami harus dalam jumlah yang cukup berkesinambungan dan tepat waktu, untuk memenuhi target produksi tersebut dapat dilakukan dengan kultur fitoplankton (Ochthreeani *et al.*, 2014).

Fitoplankton sangat diperlukan bagi para pengusaha ikan air laut karena dalam usaha pembenihan ikan air laut membutuhkan pakan alami dari kelompok fitoplankton. Cahyaningsih *et al.* (2009) menyatakan bahwa pakan alami digolongkan

menjadi dua golongan, yaitu zooplankton dan fitoplankton, keduanya memiliki peran penting sebagai pemenuh gizi pada saat kehidupan larva ikan. Isnansetyo & Kurniastuty (1995) menyatakan bahwa dalam budi daya perikanan laut fitoplankton banyak digunakan sebagai pakan alami bagi larva organisme laut seperti ikan, bivalvia, dan krustase.

Nur (2014) menjelaskan bahwa fitoplankton memiliki fungsi sebagai penyedia sumber protein, karbohidrat, dan lemak alami yang bermanfaat dalam penyediaan energi bagi ikan. Pakan yang baik memiliki kandungan protein yang lebih tinggi dibandingkan dengan karbohidrat. Protein merupakan sumber protein hewani yang berasal dari ikan sehingga dapat mudah diserap oleh tubuh ikan (Ahmad *et al.*, 2017). Optimalisasi pertumbuhan untuk mendapatkan manfaat dari komponen kimia protein yang terdapat dalam fitoplankton dapat dilakukan melalui proses kultur. Kandungan protein fitoplankton dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti intensitas cahaya, batasan nutrisi, salinitas, suhu, pH, dan usia kultur (Christwardana & Hadiyanto, 2013).

Indarmawan *et al.* (2012) menjelaskan bahwa nutrisi atau unsur hara pada media memengaruhi laju pertumbuhan fitoplankton. Unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan fitoplankton adalah C, H, O, N, P, dan K sebagai makronutrien dan Si, Mn, Cu, Mo, Zn, serta Fe sebagai mikronutrien (Safitri *et al.*, 2013). Devita *et al.* (2018) menyatakan bahwa puncak kepadatan fitoplankton dipengaruhi dari penggunaan pupuk pada media kultur. Pupuk merupakan suatu bahan tambahan yang mengandung beberapa unsur hara yang dibutuhkan organisme. Pupuk terdapat dua macam yaitu pupuk cair dan pupuk padat. Kultur fitoplankton biasa menggunakan pupuk cair. Pupuk cair biasa mengandung lebih dari satu unsur hara (Hartatik *et al.*, 2015). Oleh karena itu, diperlukan modifikasi media pupuk fitoplankton agar dapat memaksimalkan fungsinya sesuai dengan kebutuhan ikan yang dibudi dayakan. Penelitian yang akan dilakukan mengenai fase pertumbuhan dan kandungan protein fitoplankton yang dikultur pada skala laboratorium dengan menggunakan media pupuk yang berbeda.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah:

1. menganalisis kepadatan dan fase pertumbuhan fitoplankton *Porphyridium* sp., *Spirulina platensis*, dan *Thalassiosira* sp. pada media kultur yang berbeda; dan
2. menganalisis kandungan protein yang terdapat dalam *Porphyridium* sp., *Spirulina platensis*, dan *Thalassiosira* sp. pada media kultur yang berbeda.

1.3 Manfaat Penelitian

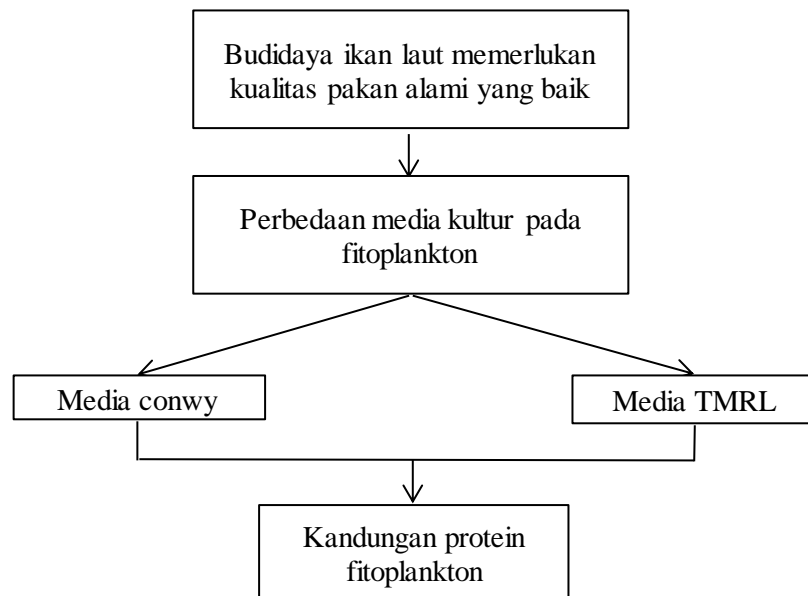
Manfaat penelitian adalah memberikan informasi kepada masyarakat mengenai media yang tepat bagi fitoplankton yang memiliki kandungan protein tertinggi sebagai pakan alami larva ikan.

1.4 Kerangka Pemikiran

Budi daya perikanan laut baik ikan konsumsi maupun ikan hias sangat membutuhkan pakan alami sebagai penunjang kualitas dan kuantitas larva ikan. Pakan alami memiliki banyak keunggulan. Selain banyak mengandung nutrisi, pakan alami juga mampu menjaga kualitas air agar tetap bersih. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan pakan alami adalah ukuran yang sesuai dengan bukaan mulut larva, mudah dicerna, tidak beracun, dan mengandung nutrisi tinggi (Ansar *et al.*, 2023). Ketersediaan pakan alami harus dalam jumlah yang cukup, berkesinambungan, dan tepat waktu untuk memenuhi target produksi. Fitoplankton merupakan pakan alami yang kaya akan nutrisi seperti protein (Wahyuni *et al.*, 2001).

Kandungan protein fitoplankton dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti suhu, cahaya, pH air, salinitas, oksigen terlarut, dan nutrisi. Nutrien atau unsur hara pada media kultur memengaruhi kepadatan populasi fitoplankton. Modifikasi media kultur dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi yang diperlukan oleh fitoplankton. Penelitian ini dilakukan menggunakan 2 media yang berbeda, yaitu media conwy dan TMRL (Tungkang Marine Research Laboratory). Kedua media tersebut digunakan untuk mengetahui media yang sesuai untuk

mendapatkan kandungan protein tertinggi dari ketiga jenis fitoplankton, yaitu (*Porphyridium* sp., *Spirulina platensis*, dan *Thalassiosira* sp.).



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioekologi Fitoplankton

Fitoplankton atau plankton nabati merupakan tumbuhan planktonik yang bebas melayang dan hanyut dalam laut serta mampu berfotosintesis. Fitoplankton umumnya berukuran 2 – 200 μm (1 μm = 0,001mm). Oleh karena ukurannya yang sangat kecil fitoplankton tidak bisa dilihat oleh mata telanjang tanpa alat bantu mikroskop. Fitoplankton memiliki klorofil untuk dapat berfotosintesis yang menghasilkan senyawa organik, seperti karbohidrat dan oksigen (Nybakken, 1992). Kemampuan fitoplankton yang dapat berfotosintesis dan menghasilkan senyawa organik membuat fitoplankton disebut sebagai produsen primer (Prabandani, 2002).

Fitoplankton dapat digunakan sebagai indikator terhadap kategori kesuburan perairan maupun sebagai indikator perairan yang tercemar atau tidak tercemar (Sofarini, 2012). Fitoplankton dengan kelimpahan yang tinggi umumnya terdapat di perairan sekitar muara sungai atau di perairan lepas pantai dimana terjadi air naik (*up welling*). Pada kedua lokasi tersebut terjadi proses penyuburan karena masuknya zat-zat hara ke dalam perairan (Kepel *et al.*, 1999). Plankton di estuari umumnya mempunyai jumlah spesies yang sedikit, tetapi jumlah individunya cukup banyak (Arinardi *et al.*, 1997). Jumlah yang sedikit pada plankton disebabkan oleh terjadinya fluktuasi besar pada kondisi lingkungan, terutama salinitas dan suhu pada saat terjadi pasang dan surut.

Pertumbuhan fitoplankton juga bergantung pada fluktuasi unsur hara dan hidrodinamika suatu perairan. Apabila pengadukan yang terjadi sangat kecil hingga dasar perairan akan terjadi perbedaan unsur hara dan suhu antar lapisan dasar dan lapisan permukaan yang sangat mencolok, sehingga menyebabkan adanya hubungan komponen biotik (struktur komunitas fitoplankton) dan abiotik yang berbeda pada setiap stratifikasi kedalaman perairan (Nurfadillah, 2012). Eksistensi dan kesuburan fitoplankton dalam suatu ekosistem sangat ditentukan oleh interaksinya terhadap faktor-faktor fisika, kimia, dan biologi. Fitoplankton memiliki kelimpahan yang tinggi pada suatu perairan akibat terjadinya pemanfaatan nutrisi dan radiasi sinar matahari, di samping suhu dan pemangsa oleh zooplankton (Mahmud, 2012).

Fitoplankton sebagai produsen primer di perairan merupakan sumber kehidupan bagi seluruh organisme hewani lainnya. Fitoplankton selain sebagai penghasil oksigen, baik secara langsung maupun tidak langsung. Fitoplankton merupakan makanan bagi konsumen primer yaitu zooplankton. Kelimpahan fitoplankton sangat dipengaruhi oleh zooplankton, fitoplankton akan berkembang dengan cepat pada saat populasi zooplankton menurun. Fitoplankton tergolong sebagai organisme autotrof, yang membangun tubuhnya dengan mengubah unsur-unsur anorganik menjadi zat organik dengan memanfaatkan energi karbon dari CO₂ dan bantuan sinar matahari melalui proses fotosintesis (Mahmud, 2012).

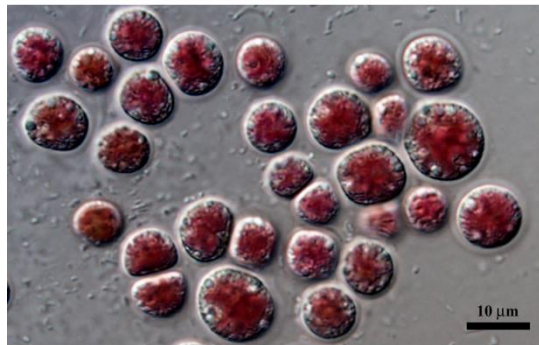
2.2 Klasifikasi dan Morfologi

2.2.1 Klasifikasi *Porphyridium* sp.

Porphyridium sp. merupakan fitoplankton merah uniseluler yang termasuk dalam kelas Rhodophyceae. *Porphyridium* sp. dapat hidup pada habitat perairan tawar dan permukaan tanah yang lembab (Lopez *et al.*, 2010). Sel-sel pada *Porphyridium* sp. dapat hidup secara soliter maupun berkoloni yang dikelilingi oleh mucilago atau lendir berbentuk kapsul. Mucilago yang terdapat pada *Porphyridium* sp. merupakan polisakarida sulfat yang bersifat larut dalam air (Ramus, 1972).

Klasifikasi biologi *Porphyridium* sp. menurut Vonshak (1998) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Protista
 Divisi : Rhodophyta
 Kelas : Rhodophyceae
 Sub kelas : Bangiophyceae
 Ordo : Porphyridiales
 Famili : Porphyricae
 Genus : *Porphyridium*
 Spesies : *Porphyridium* sp.



Gambar 2. *Porphyridium* sp.
 Sumber: Amir *et al.* (2014).

2.2.2 Morfologi *Porphyridium* sp.

Porphyridium sp. memiliki bentuk bulat dengan ukuran 4-9 μm, selnya terdiri dari nukleus (inti), badan golgi, kloroplas, lendir, pati, vesikel, dan mitokondria (Lee, 1989). Dinding sel *Porphyridium* sp. tersusun dari polisakarida kompleks, seperti glukosa, galaktosa, xylose, asam glukuronat, dan asam metil glukuronat. Habitat asli *Porphyridium* sp. diduga berasal dari laut karena dapat hidup dengan baik pada media cair maupun media padat air laut (Borowitzka & Borowitzka, 1988).

Vonshak (1998) menjelaskan bahwa pertumbuhan *Porphyridium* sp. membutuhkan faktor lingkungan, seperti suhu, cahaya, salinitas, pH, dan nutrisi. Suhu optimum untuk sel *Porphyridium* sp. tumbuh adalah pada kisaran 10°-35°C, namun pada suhu di bawah 13°C dan di atas 31°C pertumbuhan *Porphyridium* sp. akan terhambat. *Porphyridium* sp. memiliki toleransi yang cukup tinggi terhadap

intensitas cahaya. Kultur *Porphyridium* sp. akan tumbuh dengan cepat apabila intensitas cahaya yang diberikan dilakukan secara kontinyu atau bertahap semakin meningkat. Salinitas dengan kisaran 3,5-4,5‰ akan memacu pertumbuhan *Porphyridium* sp. secara optimal. *Porphyridium* sp. juga memiliki toleransi yang cukup tinggi terhadap perubahan pH pada kisaran 5,2-8,3 namun apabila pH turun mencapai 5 akan menghambat aktivitas fotosintesis pada *Porphyridium* sp.

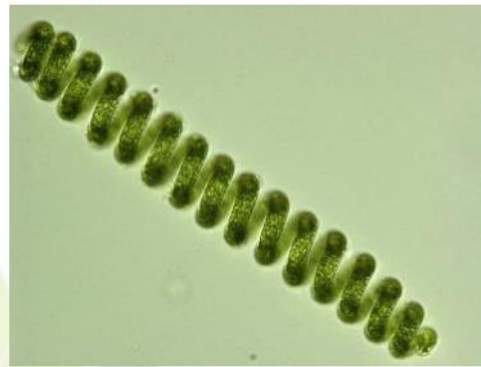
Warna merah dari sebagian besar alga merah bersumber dari fikoeritrin yang merupakan pigmen tambahan yang menutupi warna hijau klorofil. Habitat dengan kedalaman yang semakin besar menghasilkan fikoeritrin yang lebih besar dimana penetrasi cahaya berkurang dan akan berwarna merah gelap (Madigan *et al.*, 2010). *Porphyridium* sp. dalam berat kering mengandung 2% asam arakidonat, 35% polisakarida, dan 8% fikoeritrin (Vonshak, 1998). Komposisi biokimia yang terdapat pada *Porphyridium* sp. dalam berat kering adalah sebesar 28-39% protein, 40-57% karbohidrat, dan 9-14% lemak (Becker, 2007).

2.2.3 Klasifikasi *Spirulina platensis*

Spirulina merupakan kelompok alga cyanobacteria (hijau biru) yang hidup dalam koloni besar berwarna hijau tua. Warna hijau tua dari *Spirulina* berasal dari klorofil dalam jumlah yang tinggi (Garrity *et al.*, 2001). *Spirulina platensis* merupakan alga dengan jenis mikroskopis atau termasuk kedalam mikroalga. *Spirulina platensis* memiliki sifat autotrof, memiliki inti sel semu, terdiri dari satu sel, dan memiliki bentuk spiral dengan warna biru kehijauan. *Spirulina platensis* merupakan alga yang memiliki sebaran luas yang bisa ditemukan, baik pada air tawar, air laut, maupun perairan payau (Agustina *et al.*, 2018).

Berikut klasifikasi *Spirulina platensis* menurut Winarni *et al.* (2015) :

Kingdom : Protista
Divisi : Cyanophyta
Kelas : Cyanophyceae
Ordo : Nostocales
Famili : Oscillatoriaceae
Genus : *Spirulina*
Spesies : *Spirulina platensis*



Gambar 3. *Spirulina platensis*
Sumber: Borowitzka (2018).

2.2.4 Morfologi *Spirulina platensis*

Bentuk *Spirulina platensis* menyerupai benang yang merupakan rangkaian sel yang berbentuk silindris dengan dinding sel yang tipis (Hariyati, 2008). Panjang filamen dari *Spirulina platensis* adalah 500 μm dengan lebar 6-12 μm (Sanchez *et al.*, 2008). *Spirulina platensis* tidak memiliki inti sel (Phang, 2000). Lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan *Spirulina platensis* adalah intensitas cahaya sedang yang cukup dengan curah hujan sedang dan pH berkisar antara 7-9. Suhu terendah untuk pertumbuhan *Spirulina platensis* adalah 15°C dengan suhu optimal antara 35-40°C (Christwardana *et al.*, 2013).

Spirulina memiliki komposisi biokimia yang cukup beragam, seperti protein, karbohidrat, lemak, dan vitamin (Susanna *et al.*, 2007). Spolaroe *et al.* (2006), menyatakan bahwa *Spirulina* dalam berat kering mengandung 50-70% protein, 4-7% lemak dalam bentuk asam lemak esensial, serta 13-16% karbohidrat. Kandungan

protein yang didapat berasal dari kondisi pertumbuhan dan persentase abu, ketika bubur alga yang diperoleh melalui penyaringan tidak cukup dicuci dengan air asam untuk menghilangkan karbonat yang terserap, kadar abu dapat mencapai 25% dan kandungan protein dapat menurun hingga 50% atau kurang. *Spirulina* yang dicuci dengan asam, kandungan proteinnya adalah 60% hingga 65%, jarang mencapai 70% (Richmond, 1988).

Spirulina mengandung asam lemak esensial dalam bentuk linoleat dan *gamma linolenic acid* (GLA). Asam amino yang terdapat pada *Spirulina* juga cukup lengkap (Henrikson, 2009). Kandungan asam amino yang terdapat pada *Spirulina* umumnya seimbang, akan tetapi rendah terhadap asam amino yang mengandung belerang dan triptofan (Richmond, 1988). Kandungan vitamin pada *Spirulina* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan vitamin *Spirulina platensis*

Vitamin	Jumlah (mg)
<i>β-Carotene (provitamin A)</i>	1700
<i>Cyanocobalamine (B₁₂)</i>	1.6
<i>d-Ca-pantothenate</i>	11
<i>Folic acid</i>	0.5
<i>Inositol</i>	350
<i>Niacin (B₃)</i>	118
<i>Pyridoxine (B₆)</i>	3
<i>Thiamine (B₁)</i>	55
<i>Tocopherol (E)</i>	190

Sumber: Switzer (1980)

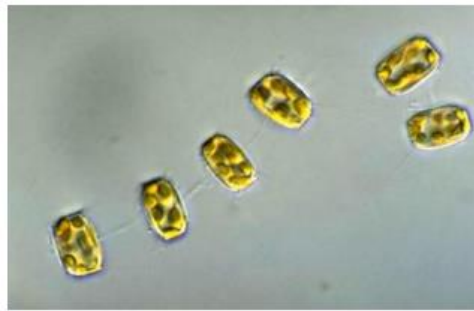
2.2.5 Klasifikasi *Thalassiosira* sp.

Genus *Thalassiosira* sp. hidup dalam soliter maupun berkoloni memiliki karakteristik berupa benang mukosa sentral halus yang menghubungkan sel dalam rantai yang longgor, ada juga sebagian kecil sel yang menempel dalam sebuah massa mukosa. *Thalassiosira* sp. memiliki karakteristik yaitu pori pori sentral mukosa yang sering disebut dengan *single apiculus* (Triswanto, 2011). *Thalassiosira* sp. memiliki ukuran diameter 4-32 μm , tersebar luas di perairan pesisir Eropa dan Asia serta di beberapa sungai dan waduk pedalaman Amerika Utara, Amerika

Selatan, dan ada juga di Hawaii serta Kepulauan Solomon (Hasle & Fryxell, 1977).

Klasifikasi *Thalassiosira* sp. menurut Edhy *et al.* (2003) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Chromista
Divisi : Eukaryota
Pilum : Bacillariophyta
Kelas : Bacillariophyceae
Ordo : Centrales
Famili : Coscinodiscineae
Genus : *Thalassiosira*
Spesies : *Thalassiosira* sp.



Gambar 4. *Thalassiosira* sp.
Sumber: Triswanto (2011).

2.2.6 Morfologi *Thalassiosira* sp.

Thalassiosira sp. dapat hidup pada habitat air tawar, air laut, dan air payau dengan salinitas di atas 5‰ (Hasle & Fryxell, 1977). *Thalassiosira* sp. dapat tumbuh dengan baik pada konsentrasi CO₂ 10%, namun pada konsentrasi 20% pertumbuhannya cenderung menurun secara signifikan (Ishida *et al.*, 2000). Suhu yang meningkat secara kontinyu akan semakin meningkatkan pertumbuhan *Thalassiosira* sp. (Lomas & Glibert, 1999). Sala (1997) juga menambahkan pH yang relatif tinggi sangat baik untuk pertumbuhan *Thalassiosira* sp. yaitu sekitar 8-9,4.

Thalassiosira sp. memiliki ukuran yang lebih kecil sesuai dengan bukaan mulut larva ikan. *Thalassiosira* sp. dalam bentuk kering mengandung gizi protein 21,85-37%, lemak 2,41-10%, dan karbohidrat 17-21% (Erlina *et al.*, 2014). Kandungan lemak tak jenuh yang terdapat pada *Thalassiosira* sp. terdiri dari total *mono unsaturated fatty acid* (MUFA) sebesar $5,9 \pm 8,56\%$ dan total *poly unsaturated fatty acid* (PUFA) sebesar $10,51 \pm 4,18\%$ (Widianingsih *et al.*, 2013). Proses pertumbuhan yang cepat dari *Thalassiosira* sp. merupakan salah satu alasan digunakannya fitoplankton tersebut sebagai pakan alami pada bidang budi daya (Costard *et al.*, 2012).

2.3 Faktor Pembatas

2.3.1 Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor penunjang produktivitas fitoplankton karena memengaruhi laju fotosintesis dan kecepatan pertumbuhan. Suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di daerah tropis berkisar antara 20-30°C (Iskandar, 2003). Suhu air yang optimal bagi pertumbuhan fitoplankton adalah sekitar 23-25°C pada skala laboratorium dan 30°C pada skala massal dan semi massal (Sari & Manan, 2012). BBPBL (2007) menjelaskan bahwa suhu lebih rendah dari 16°C akan memperlambat pertumbuhan, sedangkan yang lebih tinggi dari 35°C yang mematikan bagi sejumlah spesies. Barsanti & Gualtieri (2006) menambahkan bahwa kebanyakan jenis fitoplankton dapat menoleransi suhu antara 16-27°C. Suhu juga memengaruhi kandungan nutrisi yang terdapat pada fitoplankton. Penelitian Koru & Cirik (2003) menjelaskan bahwa fitoplankton *Spirulina platensis* yang dibudi dayakan pada suhu 30°C memiliki kandungan protein sebesar 58,3%, sedangkan pada suhu 43°C menurun menjadi 45,7%.

2.3.2 Cahaya

Fitoplankton merupakan organisme autotrof yang mampu membentuk senyawa organik dari senyawa anorganik melalui proses fotosintesis. Cahaya menentukan bentuk kurva pertumbuhan bagi fitoplankton yang melakukan fotosintesis. Cahaya matahari dapat diganti dengan sinar lampu TL (*tube light*) dan kisaran optimum

intensitas cahaya bagi fitoplankton antara 2.000-8.000 lux. Klorofil a merupakan pigmen penyerap cahaya pada fitoplankton hijau, di samping pigmen lain seperti karotenoid dan xantofil (Tjahjo *et al.*, 2002). Sari & Manan (2012) menyatakan bahwa kultur skala laboratorium dapat menggunakan cahaya dari lampu TL dengan kapasitas sebesar 1.450 lux.

Prayitno (2016) menjelaskan bahwa produksi biomassa terus meningkat seiring dengan peningkatan intensitas cahaya hingga menuju titik jenuh. Intensitas cahaya yang mengalami peningkatan akan menyebabkan fase eksponensial menjadi semakin tajam, namun intensitas cahaya yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan proses fotosintesis terhenti. Proses fotosintesis berhenti karena adanya mekanisme jenuh cahaya. Cahaya yang berlebihan dapat menyebabkan suhu pada media kultur meningkat karena cahaya diubah menjadi energi panas. Nzayisenga *et al.* (2020) menyatakan bahwa tingginya intensitas cahaya memengaruhi kandungan nutrisi yang terkandung dalam fitoplankton seperti asam lemak, pada nutrisi proteinnya akan semakin menurun apabila asam lemaknya semakin tinggi.

2.3.3 pH Air

Derajat keasaman (pH) berpengaruh terhadap kelarutan dan ketersediaan ion mineral sehingga memengaruhi penyerapan nutrisi oleh sel. Nilai pH yang berubah secara signifikan dapat menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan fitoplankton (Gunawan, 2012). pH untuk kultur kebanyakan spesies alga adalah antara 7-9 dan rentang optimumnya antara 8,2-8,7 (Lavens & Sorgeloos, 1996). Sari & Manan (2012) menjelaskan bahwa nilai pH diukur dengan menggunakan pH meter. Nilai pH pada kultur fitoplankton skala laboratorium dan semi massal berkisar antara 7,7-7,8, sedangkan menurut Barsanti & Gualtieri (2006) pH yang sesuai untuk kultur fitoplankton adalah 7-8 dengan rentang optimum 8,2-8,7. pH optimum untuk kandungan protein dalam fitoplankton dalam penelitian Mehar *et al.* (2019) adalah 8,5 pada *Spirulina platensis* menghasilkan kandungan protein sebanyak 64%. Latsos *et al.* (2022) menjelaskan bahwa kandungan protein pada fitoplankton *Rhodomonas salina* pada pH 7 adalah 31,9% sedangkan pada pH 8,5 adalah 33,7% .

2.3.4 Nutrien

Air laut sudah mengandung nutrien yang cukup lengkap bagi fitoplankton. Nutrien tersebut dibagi menjadi makronutrien dan mikronutrien, makronutrien meliputi nitrat dan fosfat (Taw, 1990). Nutrien pada kultur fitoplankton seperti unsur makro dan mikro sangat diperlukan untuk makanan fitoplankton. Unsur makro seperti N, P, K, S, Na, Si, dan Ca serta unsur mikro seperti Fe, Zn, Mn, Cu, Mg, Mo, Co, dan B masing-masing memiliki fungsi pada pertumbuhan fitoplankton. Unsur N, P, dan S dalam pembentukan protein sangat diperlukan. Selain itu, unsur K berfungsi dalam metabolisme karbohidrat. Fe dan Na berguna dalam pembentukan protein, sedangkan Si dan Ca berfungsi dalam pembentukan dinding sel fitoplankton (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995). Nutrien yang terbatas dapat menghambat dinamika pertumbuhan dan penurunan biomassa fitoplankton (Reynolds, 2006). Nitrogen dan fosfor merupakan nutrien yang penting bagi kehidupan fitoplankton, fungsi nitrogen adalah sebagai salah satu pembentuk utama protein, sedangkan fosfor adalah sebagai pembentuk energi dalam bentuk *adenosine triphosphate* (ATP) yang penting dalam sintesis asam amino dan protein (Mustafa, 2007).

2.3.5 Salinitas

Fitoplankton dapat berkembang dengan baik pada salinitas 15-32 ppt. Tinggi dan rendahnya salinitas disebabkan beberapa faktor, salah satunya adalah cahaya. Cahaya dapat meningkatkan salinitas apabila cahaya yang digunakan terlalu tinggi untuk mengkultur plankton (Lantang & Pakidi, 2015). Salinitas yang berubah-ubah dapat memengaruhi pertumbuhan fitoplankton. Fitoplankton dengan jenis tertentu dapat tumbuh dalam kisaran salinitas yang tinggi, tetapi ada juga yang dapat tumbuh dalam kisaran salinitas yang rendah. Namun demikian, hampir semua jenis fitoplankton dapat tumbuh optimal pada salinitas sedikit di bawah habitat asal. Kisaran salinitas yang paling optimum untuk pertumbuhan fitoplankton adalah 25-35 (Sylvester *et al.*, 2002). Yarti (2014) menjelaskan bahwa salinitas 35-38 ppt dapat meningkatkan kandungan protein total pada fitoplankton *Nannochloropsis* sp.

2.3.6 Oksigen Terlarut

Effendi (2003) menjelaskan bahwa DO yang berkisar antara 5,45-7,00 mg/L cukup baik bagi proses kehidupan biota perairan, termasuk plankton. Nilai oksigen terlarut di suatu perairan mengalami fluktuasi harian maupun musiman. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis dari tumbuhan atau fitoplankton yang menghasilkan oksigen. Organisme perairan dapat hidup dengan layak dan kegiatan perikanan dapat berhasil jika perairan memiliki kandungan oksigen terlarut tidak kurang dari 4 mg/L. Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, nilai kandungan oksigen terlarut untuk kategori kelas III batas minimal adalah 4 mg/L (Johan, 2011).

2.4 Protein

Poedjiadi (1994) menjelaskan bahwa protein merupakan komponen yang penting selain air. Senyawa protein tersusun dari unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen. Molekul protein merupakan molekul yang aktif berperan sebagai katalisator berbagai reaksi kimia, memberi struktur kaku, mengontrol sifat permeabilitas selaput, pengatur kadar metabolit, dan mengontrol aktivitas gen. Bahan baku protein adalah molekul-molekul asam amino yang mengandung gugus karboksil dan gugus amina. Berdasarkan struktur molekulnya, protein diklasifikasikan menjadi protein fibrosa, protein struktural yaitu protein yang membentuk kerangka sel atau sitoskeleton, dan protein fungsional yaitu protein yang terlibat langsung dalam proses metabolisme sel, mudah terurai, dan terakit kembali. Contoh dari protein fibrosa adalah kolagen, fibrin, aktin, dan sebagainya.

Protein akan membentuk ion positif apabila berada dalam suatu perairan yang asam, sedangkan apabila perairan dalam keadaan basa protein akan membentuk ion negatif. Aktivitas biokimiawi protein dapat berkurang apabila terdapat perubahan di lingkungan, seperti perubahan suhu, pH, atau karena reaksi dengan senyawa lain sehingga konformasi molekulnya berubah. Aktivitas dan kemampuan protein untuk menunjang aktivitas organ tubuh tertentu akan berkurang apabila suatu protein mengalami konformasi pada molekulnya (Poedjiadi, 1994). Kandungan protein per sel fitoplankton yang dianggap sebagai salah satu faktor yang

paling penting untuk menentukan nilai gizi fitoplankton sebagai pakan dalam budi daya ikan (Lavens & Sorgeloos, 1996).

Panggabean (1998) menjelaskan bahwa alga hijau serta ganggang biru *Spirulina* adalah sumber protein sel tunggal yang baik. Bila diproses dengan baik maka dapat dicerna dengan baik oleh mamalia dan protein *Spirulina* (80% casein) lebih tinggi dari protein nabati. Makanan dari ganggang hijau dan biru tersebut gizinya lebih baik dari sayuran hijau karena mengandung vitamin B₁₂. Sayuran hijau biasanya tidak mengandung vitamin B₁₂. Hasanah (2011) menjelaskan bahwa fitoplankton dapat menambah nilai gizi pada makanan. Beberapa jenis fitoplankton memiliki kandungan protein yang tinggi. Kandungan asam amino pada fitoplankton lebih baik jika dibandingkan dengan sumber protein pada makanan yang lain.

Protein pada tanaman atau fitoplankton membutuhkan unsur N untuk dapat disintesis. Unsur N pada media memengaruhi jumlah protein yang dihasilkan oleh fitoplankton. Hal tersebut karena unsur N akan diserap fitoplankton sebagai penyusun asam amino. Unsur N diserap oleh fitoplankton dalam bentuk nitrat. Nitrat tereduksi menjadi asam amino (NH₂) oleh enzim nitrat reduktase yang memerlukan energi kegiatan metabolisme seluler. Asimilasi amonium berlangsung cepat sekali, kemudian membentuk senyawa N organik yaitu asam glutamat. Asam-asam amino kemudian dapat disusun menjadi protein-protein fitoplankton dalam ribosom (Ladyba, 2017).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian terbagi menjadi beberapa bagian, yakni preparasi alat dan bahan bertempat di Laboratorium Oseanografi, Universitas Lampung; kultur fitoplankton yang bertempat di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung, dan analisis kadar protein di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian, Politeknik Negeri Lampung. Waktu pelaksanaan penelitian adalah pada bulan Desember 2022 hingga Januari 2023.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Alat penelitian

No.	Alat	Kegunaan
1.	Toples plastik 1,5 liter	Kultur fitoplankton.
2.	Aluminium foil	Penutup toples kultur fitoplankton.
3.	Aerator dan selang aerator	Aerasi kultur fitoplankton.
4.	Lampu TL 40 watt	Pencahayaan kultur fitoplankton.
5.	Refraktometer	Pengukuran salinitas kultur fitoplankton.
6.	pH meter	Pengukuran kadar pH kultur fitoplankton.
7.	DO meter	Pengukuran kadar DO kultur fitoplankton.
8.	Termometer	Pengukuran suhu kultur fitoplankton.
9.	Pipet tetes	Pengambil sampel kultur fitoplankton.
10.	<i>Haemocytometer</i>	Penghitung jumlah kepadatan fitoplankton.
11.	<i>Sedgewick rafter counter</i>	Penghitung jumlah kepadatan fitoplankton.
12.	Mikroskop	Penghitung jumlah kepadatan fitoplankton.
13.	<i>Hand counter</i>	Penghitung jumlah kepadatan fitoplankton.

Tabel 2. Alat penelitian (lanjutan)

No.	Alat	Kegunaan
14.	<i>Plankton net</i> 90 mikron	Penyaring fitoplankton.
15.	Kertas saring	Analisis protein.
16.	Timbangan analitik	Analisis protein.
17.	Alat kjeldahl apparatus	Analisis protein.
18.	Buret	Analisis protein.
19.	Gelas erlenmeyer 125 mL	Analisis protein.
20.	Labu kjeldahl	Analisis protein.
21.	Gelas ukur 50 mL	Analisis protein.
22.	Botol semprot	Analisis protein.
23.	Gelas beaker	Pembuatan media kultur.

Tabel 3. Bahan penelitian

No.	Bahan	Kegunaan
1.	<i>Thalassiosira</i> sp.	Kultur fitoplankton.
2.	<i>Porphyridium</i> sp.	Kultur fitoplankton.
3.	<i>Spirulina platensis</i>	Kultur fitoplankton.
4.	Pupuk conwy	Kultur fitoplankton.
5.	Pupuk TMRL	Kultur fitoplankton.
6.	Air laut	Kultur fitoplankton.
7.	Larutan NaOH	Pemanenan fitoplankton.
8.	Aquades	Pemanenan fitoplankton dan analisis protein.
9.	H ₂ SO ₄ pekat	Analisis protein.
10.	NaOH 45%	Analisis protein.
11.	NaOH 0,1N	Analisis protein.
12.	HCl 0,1N	Analisis protein.
13.	K ₂ S/Na ₂ SO ₄	Analisis protein.
14.	Phenolptalein 1%	Analisis protein.
15.	Larutan kaporit 100 ppm	Sterilisasi alat.
16.	Sabun cuci piring	Sterilisasi alat.
17.	Alkohol 70%	Sterilisasi alat.
18.	Air tawar	Sterilisasi alat.

3.3 Rancangan Penelitian

3.3.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan mengkultur biota uji untuk mengetahui waktu akhir fase eksponensial atau awal fase stagnan. Kepadatan sel setiap jenis fitoplankton laut (*Porphyridium* sp., *Spirulina platensis*, dan *Thalassiosira* sp.)

diukur pada setiap jam 05.00 WIB dan 17.00 WIB (per 12 jam) waktu kultur. Hasil pengamatan kepadatan sel tersebut selanjutnya diplotkan dalam grafik yang menghubungkan antara waktu (sebagai sumbu X) dengan kepadatan sel fitoplankton laut (sebagai sumbu Y). Grafik eksponensial yang terbentuk dijadikan acuan untuk tahapan proses pengambilan sampel selanjutnya selama penelitian.

3.3.2 Kepadatan Fitoplankton

Kepadatan awal fitoplankton yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kepadatan awal fitoplankton laut (sel/mL)

No.	Jenis fitoplankton	Kepadatan awal (sel/mL)	Diameter sel (μm)	Literatur
1.	<i>Porphyridium</i> sp.	$2,5 \times 10^6$	4-9	Lee (1989)
2.	<i>Spirulina platensis</i>	$2,0 \times 10^4$	6-12	Sanchez <i>et al.</i> (2008)
3.	<i>Thalassiosira</i> sp.	$1,0 \times 10^6$	4-32	Hasle & Fryxell (1977)

Perbedaan pada kepadatan awal setiap jenis fitoplankton laut karena ukuran sel yang dimiliki berbeda.

Persamaan yang digunakan untuk menentukan kepadatan awal kultur fitoplankton (Edhy *et al.*, 2003) terdapat pada persamaan 1.

$$V1 = \frac{V2 \times N2}{N1} \dots\dots\dots (1)$$

keterangan:

V1 = Volume bibit untuk penebaran awal (mL)

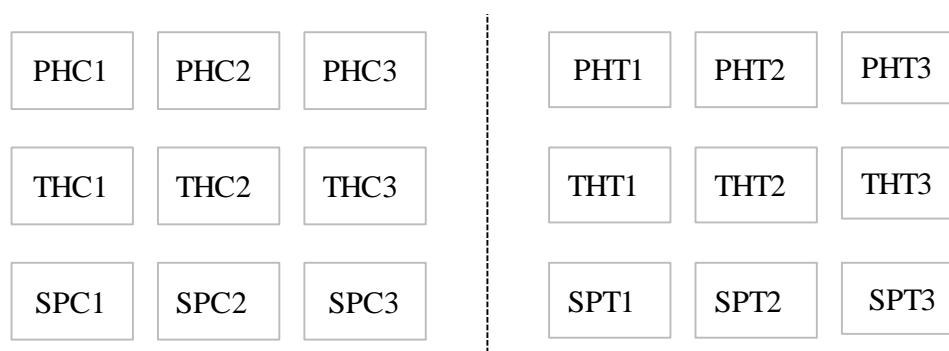
V2 = Volume media air laut yang dikehendaki (mL)

N1 = Stok bibit yang diinginkan (sel/mL)

N2 = Stok panen bibit stok (sel/mL)

3.3.3 Rancangan Lingkungan

Penelitian terdiri dari 2 media kultur yang berbeda yaitu media conwy dan media TMRL yang diberikan kepada 3 fitoplankton laut (*Porphyridium* sp., *Spirulina platensis*, dan *Thalassiosira* sp.). Masing-masing unit perlakuan memiliki 3 kali ulangan. Rancangan peletakkan wadah kultur fitoplankton laut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tata letak wadah kultur fitoplankton

keterangan:

- PH = *Porphyridium* sp.
- TH = *Thalassiosira* sp.
- SP = *Spirulina platensis*.
- C = Media conwy
- T = Media TMRL
- 1,2,3 = Ulangan sampel

3.3.4 Perhitungan Sampel

Volume sampel untuk pengamatan kepadatan fitoplankton laut jenis *Porphyridium* sp. dan *Thalassiosira* sp. diambil sekitar 0,1-0,5 mL menggunakan pipet tetes steril. Kemudian diletakkan pada *haemocytometer* untuk diamati selnya menggunakan mikroskop dengan lensa perbesaran 40 kali. Pengamatan tersebut diulang sebanyak 3 kali pada setiap unit perlakuan, setelah itu dihitung menggunakan persamaan kepadatan fitoplankton. Kepadatan fitoplankton terdapat pada persamaan 2.

$$\text{Kepadatan fitoplankton} = \frac{\sum_{i=0}^n K_i}{n} \times 10^4 \text{ sel/mL} \dots\dots\dots (2)$$

keterangan:

K_i = Jumlah fitoplankton pada kotak ke-i

n = Jumlah kotak hitungan

Volume sampel untuk pengamatan kepadatan *Spirulina platensis* diambil 1 mL menggunakan pipit tetes steril. Pada *Spirulina platensis* dilakukan pengenceran sebanyak 2 kali. Kemudian diletakkan pada *sedgewick rafter counter* untuk diamati selnya menggunakan mikroskop dengan lensa perbesaran 10 kali. Pengamatan tersebut diulang sebanyak 3 kali pada setiap unit perlakuan, setelah itu dihitung menggunakan persamaan kepadatan fitoplankton. Kepadatan fitoplankton terdapat pada persamaan 3.

$$\text{Kepadatan fitoplankton} = K_i \times 10^2 \text{ sel/mL} \dots\dots\dots (3)$$

keterangan:

K_i = Jumlah fitoplankton pada semua kotak

10^2 = Jumlah pengenceran (sesuai banyaknya pengenceran yg diambil)

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Sterilisasi

Tahapan sterilisasi alat dan air laut sebagai berikut (Muhaemin *et al.*, 2014):

1. disiapkan alat dan bahan yang digunakan;
2. alat yang digunakan direndam larutan kaporit 100 ppm selama 1 hari, kemudian dicuci dengan sabun cuci piring dan dibilas menggunakan air tawar;
3. alat yang sudah disterilisasi kemudian disemprot menggunakan alkohol 70% khusus untuk selang aerasi direbus selama 15 menit tanpa disemprot alkohol;
4. sterilisasi air laut dilakukan dengan menggunakan *sand filter* dan UV *sterilizer*, kemudian diberi ozon menggunakan *ozone sterilizer* selama 15 menit; dan
5. air tersebut selanjutnya disaring menggunakan plankton net 20 μ m dan dididihkan kembali selama 30 menit.

3.4.2 Persiapan Media Kultur Fitoplankton

Tahapan pada pembuatan pupuk media (pupuk conwy ataupun pupuk TMRL) sebagai berikut:

1. bahan-bahan pupuk media disiapkan dan ditimbang berurutan sesuai dengan takaran;
2. disiapkan alat-alat yang digunakan seperti pipet tetes, gelas beaker, dan sendok;
3. air laut steril dimasukkan ke dalam gelas beaker sebanyak 800 mL, kemudian bahan-bahan media kultur dimasukkan ke dalam gelas beaker dan dilarutkan satu per satu sesuai urutan; dan
4. setelah semua larut, ditambahkan lagi air laut ke dalam larutan pupuk hingga menjadi 1 liter. Komposisi dari pupuk conwy dan pupuk TMRL dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi pupuk conwy dan TMRL

No.	Bahan kimia	Satuan	Conwy	TMRL
1.	EDTA	g	45	-
2.	FeCl ₃	g	1,3	3,0
3.	H ₃ BO ₃	g	33,6	-
4.	Na ₂ HPO ₄	g	20	10
5.	MnCl ₂	g	0,5	-
6.	NaNO ₃ /KNO ₃	g	100	100
7.	Na ₂ SiO ₃	g	-	1
8.	<i>Trace metal solution</i>	mL	1	-
	Komposisi:			
	ZnCl ₂	g	0,021	
	CoCl ₂	g	0,02	
	CuSO ₄	g	0,02	
	(NH ₄)Mo ₇	g	0,009	
	<i>Distilled water</i>	mL	1	
9.	Air laut steril		hingga 1 liter	hingga 1 liter

Sumber: Muhaemin (2005) dan Muhaemin *et al.* (2014)

3.4.3 Kultur Fitoplankton

Tahapan pada teknik kultur dan pemanenan fitoplankton berskala laboratorium sesuai dengan arahan dari BBPBL Lampung sebagai berikut:

1. bibit fitoplankton disiapkan dengan cara pengenceran dari stok yang telah dikultur selama 7-10 hari;
2. kemudian air laut steril disiapkan sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan untuk menentukan bibit awal dengan menggunakan persamaan 1;
3. media kultur diberikan sebanyak 1 mL/L kultur pada setiap unit perlakuan;
4. kemudian kualitas air seperti pH, DO, suhu, dan salinitas diukur setelah fitoplankton dimasukkan ke dalam media kultur yang telah disiapkan;
5. selanjutnya dipasang aerasi dan pencahayaan;
6. setelah kultur mencapai fase akhir eksponensial atau fase awal stasioner, dilakukan pengukuran kualitas air;
7. selanjutnya dilakukan pemanenan dengan cara dibuat menjadi natan menggunakan larutan NaOH sebanyak 0,025 g, dimana larutan NaOH dimasukkan ke dalam kultur sedikit demi sedikit sambil diaduk searah jarum jam hingga homogen;
8. setelah cukup homogen, kultur diaduk berlawanan arah jarum jam hingga larutan mengental;
9. bila larutan sudah mengental, larutan didiamkan hingga mengendap, kemudian disaring menggunakan *plankton net* untuk memisahkan natan (cair) dan supernatan (gel); dan
10. selanjutnya, disimpan supernatan dalam wadah yang tertutup di dalam kulkas (bukan *freezer*) dengan suhu $\pm 20^{\circ}\text{C}$.

3.5 Analisis Protein

Tahapan pada analisis protein sesuai arahan dari Lab THP, Politeknik Negeri Lampung (Sudarmadji, 1984) sebagai berikut:

1. sampel ditimbang sebanyak 0,5 – 1,0 g;
2. sampel yang sudah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam labu kjeldahl, lalu ditambahkan 1 g $\text{K}_2\text{S}/\text{Na}_2\text{SO}_4$ anhidrat dan H_2SO_4 pekat sebanyak 10 – 15 mL;

3. kemudian alat destruksi dinyalakan di atas pemanas listrik dalam lemari asam, mula-mula dengan api kecil, setelah asam hilang api dibesarkan hingga sampel berubah menjadi larutan berwarna jernih;
4. kemudian alat destruksi dimatikan;
5. dilakukan perlakuan blanko, yaitu seperti perlakuan tanpa sampel;
6. kemudian, sampel didiamkan hingga suhu ruangan di ruang asam;
7. selanjutnya labu kjeldahl dipasang pada alat destilasi dan air suling 100 mL dimasukkan;
8. gelas erlenmeyer yang berisi 25 mL HCl 0,1N disiapkan, kemudian ditetesi dengan 2 tetes indikator phenolptalein 1% (larutan berubah menjadi ungu);
9. pada ujung alat kondensor dimasukkan gelas erlenmeyer yang sudah disiapkan tadi hingga terendam;
10. setelah semua persiapan sudah selesai alat destilasi dapat dinyalakan;
11. selanjutnya ditambahkan 50 mL NaOH 45% ke dalam labu kjeldahl secara tepat dan hati-hati;
12. kemudian larutan di gelas erlenmeyer diamati, apabila larutan sudah berwarna hijau dan larutan telah menjadi 50 cc bagian dari gelas tersebut (50 mL) ujung alat kondensor yang terendam dapat diangkat dan alat destilasi dapat dimatikan;
13. selanjutnya dipersiapkan alat untuk titrasi; dan
14. HCl 0,1N dalam distilat dititrasi dengan larutan basa standar (larutan NaOH 0,1 N), apabila larutan berubah menjadi warna ungu maka titrasi dapat dihentikan;
15. selanjutnya persentase nitrogen dapat dihitung dengan persamaan 4.

$$N(\%) = \frac{[\text{mL NaOH blanko} - \text{mL NaOH contoh}] \times N \text{ NaOH} \times 14,008}{\text{gr. contoh} \times 1000} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

16. kemudian kadar protein dihitung dengan persamaan 5.
 $\% \text{ Protein} = \% \text{ N} \times \text{Faktor Konversi} \dots \dots \dots (5)$
 nilai faktor konversi dapat dilihat pada Tabel 6. Dalam penelitian faktor konversi yang digunakan adalah 6,25.

Tabel 6. Konversi kadar N menjadi kadar protein berbagai macam bahan

No.	Bahan	Faktor konversi
1.	Bir, sirup, biji bijian, ragi, makanan ternak, buah buahan, teh, anggur, malt.	6,25
2.	Beras	5,95
3.	Roti, gandum, makaroni, bakmi	5,70
4.	Kacang tanah	5,46
5.	Kedelai	5,75
6.	Kenari	5,18
7.	Susu kental manis	6,38

Sumber: Sudarmadji (1984)

3.6 Analisis Data

Data hasil penelitian kepadatan dan fase pertumbuhan fitoplankton diolah menggunakan aplikasi Microsoft Excel dan hasil protein yang didapatkan dianalisis secara deskriptif.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian adalah:

1. kepadatan tertinggi dan waktu kultur tercepat dicapai oleh *Porphyridium* sp. yang dikultur dengan menggunakan media conwy. Fase *lag* pada *Porphyridium* sp. tidak terdeteksi atau fase *lag* terjadi sebelum 12 jam waktu kultur.
2. kandungan protein tertinggi dicapai oleh *Spirulina platensis* yang dikultur dengan menggunakan media conwy; sedangkan kandungan protein pada *Porphyridium* sp. lebih tinggi dikultur dengan menggunakan media conwy; selanjutnya kandungan protein *Thalassiosira* sp. tidak sensitif terhadap media kultur.

5.2 Saran

Fitoplankton jenis *Spirulina platensis* dapat dijadikan pilihan untuk diperoleh kandungan protein tertinggi sebagai pakan alami bagi larva ikan. Adapun *Porphyridium* sp. pada media conwy dan *Thalassiosira* sp. pada media TMRL dapat dijadikan alternatif sebagai pakan alami.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, H., Yusliman, & M. Fitriani. 2015. Periode waktu pemberian dan jenis pakan berbeda untuk meningkatkan kelangsungan hidup dan pertumbuhan larva Ikan Tambakan *Helostoma temminckii* CV. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. 3(1): 94–103.
- Agustina, S., N.N. Aidha, & E. Oktarina. 2018. Ekstraksi antioksidan *Spirulina* sp. dengan menggunakan metode ultrasonikasi dan aplikasinya untuk krim kosmetik. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 40(2): 105–116.
- Ahmad, N., S. Martudi, & Dawami. 2017. Pengaruh kadar protein yang berbeda terhadap pertumbuhan Ikan Gurami *Osphronemus gouramy*. *Jurnal Agroqua*. 15(2): 51–58.
- Amir, Mellova., Atikah Nurjanah, & Ni Wayan Sari Agustini. 2014. Analisis fikobiliprotein dan polisakarida dari mikroalga merah (*Porphyridium cruentum*) yang dikultivasi pada media limbah cair Nata De Coco. *Sainstech Farma: Jurnal Ilmu Kefarmasian*. 7(1): 1-8.
- Andersen, R.A. 2005. *Algal Culturing Technique*. Elsevier Academic Press. UK. 578 hal.
- Ansar, Mulis., & S.P. Suherman. 2023. Pengaruh pemberian pakan alami *Moina* sp., dengan dosis yang berbeda terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih Ikan Nila *Oreochromis niloticus*. *Journal of Fisheries Agribusiness*. 1(1): 25-32.
- Arinardi, O.H., A.B. Sutomo, S.A. Yusuf, E.A. Trimaningsih, & S.H. Riyono. 1997. *Kisaran Kelimpahan dan Komposisi Plankton Predominan di Perairan Kawasan Timur Indonesia*. P3O-LPI. Jakarta. 140 hal.
- Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut. 2007. *Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton*. Direktorat Jendral Perikanan Budidaya, Departemen Kelautan dan Perikanan. 83 hal.
- Barsanti, L. & P. Gualtieri. 2006. *Algae : Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. CRC Press. United States of America. 301 hal.

- Becker, E.W. 2007. Micro-algae as a source of protein. *Biotechnol Advances*. 25(2): 207–210.
- Borowitzka, M. A. 2018. *Biology of Microalgae*. Microalgae in Health and Disease Prevention. Elsevier Inc. Hal: 23-72.
- Borowitzka, M. A. & L. J. Borowitzka. 1988. *Mikroalgal Biotechnology*. Cambridge University Press. Cambridge. Hal: 257-287.
- Cahyaningsih, S., A.N.M. Muchtar, S.J. Purnomo., I. Kusumaningrum, P.A. Har-yono, Slamet, & Asniar. 2009. *Juknis Produksi Pakan Alami*. Departemen Kelautan dan Perikanan Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Balai Air Payau Situbondo. 35 hal.
- Chilmawati, D. & Suminto. 2008. Penggunaan media kultur yang berbeda terhadap pertumbuhan *Chlorella* sp. *Jurnal Saintek Perikanan*. 4(1): 42–49.
- Christwardana, M.M.M.A, Nur, & Hadiyanto. 2013. *Spirulina platensis*: potensinya sebagai bahan pangan fungsional. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 2(1): 19–22.
- Costard, G. S., R. R. Machado, E. Barbarino, R. C. Martino, & S. O .Lourenço. 2012. Chemical composition of five marine microalgae that occur on the Brazilian Coast. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*. 4(9): 191-201.
- Devita, I., Isnaini, & G. Diansyah. 2018. Kultivasi mikroalga *Chaetoceros* sp. dan *Spirulina* sp. untuk potensi biodiesel. *Maspari Journal: Marine Science Research*. 10(2): 123-130.
- Djarajah, A.S. 1995. *Pakan Ikan Alami*. Kanisius. Yogyakarta. 87 hal.
- Edhy, W.A., P. Januar, & Kurniawan. 2003. *Plankton di Lingkungan PT Central Pertiwi Bahari*. Laboraturium central department, aquaculture division PT. central pertiwi bahari. Tulang bawang. 58 hal.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. Hal: 145-155.
- Erlangga, E., A. Andira, E. Erniati, M. Mahdaliana, & M. Muliani. 2021. Peningkatan kepadatan *Thalassiosira* sp. dengan dosis pupuk silikat yang berbeda. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*. 8(3): 167-174.
- Erlina, A., S. Amini, H. Endrawati, & M. Zainuri. 2004. Kajian nutritif phytoplankton pakan alami pada sistem kultivasi massal. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*. 9(4): 206-210.

- Fogg, G. E. 1975. *Algal Cultures and Phytoplankton Ecology*. The University of Wisconsin Press. London. 126 hal.
- Garrity, G.M., J.A. Bel, & T.G. Lilburn. 2001. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Ed ke-2. Spinger. New York. Hal: 270-323.
- Ghozali, I. 2016. *Aplikasi Analisis Multivariete Dengan Program IBM SPSS 23* (Edisi 8). Universitas Diponegoro Press. Semarang. 474 hal.
- Gunawan. 2012. Pengaruh perbedaan pH pada pertumbuhan mikroalga kelas Chlorophyta. *Bioscientiae*. 9(2): 62 – 65.
- Hair, Joseph F. 2011. *Multivariate Data Analysis*. Fifth Edition. Prentice Hall, Inc. New Jersey. 785 hal.
- Hariyati, Riche. 2008. Pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp. dalam skala laboratorium. *Bioma*. 10(1): 19-22.
- Hartatik, W., H. Husnain, & L. R. Widowati. 2015. Peranan pupuk organik dalam peningkatan produktivitas tanah dan tanaman. *Jurnal Sumber Daya Lahan*. 9(2): 107-120.
- Hasanah. 2011. *Mikroenkapsulasi biomassa Porphyridium cruentum*. (Skripsi). Departemen Teknologi Hasil Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institusi Pertanian Bogor. Bogor. 72 hal.
- Hasle, G.R. & G.A. Fryxell. 1977. The genus *Thalassiosira*: some species with a linear areola array In: R. Simonsen (ed.), Proceedings of the Fourth Symposium on Recent and Fossil Marine Diatoms, Oslo, 1976. *Beihefte zur Nova Hedwigia*. 54: 15-66.
- Henrikson, R. 2009. *Earth Food Spirulina* . Ed ke-6. Ronore Interprise, Inc. Hawaii. 97 hal.
- Hui, Yiu H. 2006. *Handbook of food science, technology and engineering*. volume 1. Taylor & Francis Group. Boca Raton. 1000 hal.
- Husma, A. 2017. *Biologi Pakan Alami*. CV. Social Politic Genius. Makassar. 132 hal.
- Ifdonal & Ern F. 2007. *Struktur Komunitas Fitoplankton sebagai Indikator Perairan Sungai Cipelang Sukabumi*.(Skripsi). Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan. Universitas Muhammadiyah. Sukabumi. Hal: 5.
- Indarmawan, T., A. S. Mubarak, & G. Muhasri. 2012. Pengaruh konsentrasi pupuk *Azolla pinnata* terhadap populasi *Chaetoceros* sp. *Journal of Marine and Coastal Science*. 1(1): 61-70.

- Ishida, Y., N. Hiragushi, H. Kitaguchi, A. Mitsutani, S. Nagai, & M. Yoshimura. 2000. A highly CO₂ tolerant diatom, *Thalassiosira weissflogi* H1, enriched from coastal sea, and its fatty acid composition. *Fisheries Science*. 66(4): 655-659.
- Iskandar, H., Suherman, & A. Sri. 2003. *Struktur Komunitas Plankton di Perairan Bekas Bahan Pasir (Studi Kasus di Rawa Bebek, Karawang)*. Fakultas Pertanian. UNPAD. Bandung. Hal: 5.
- Isnansetyo, A. & Kurniastuty. 1995. *Teknik kultur phytoplankton dan zooplankton*. Kanisius. Yogyakarta. 116 hal.
- Johan, T.I & Ediwarman. 2011. Dampak penambangan emas terhadap kualitas air sungai Singingi di Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 5(2): 168-183.
- Kaplan, D., A. E. Richmond, Z. Dubinsky, & S. Aaronson. 1986. *Alga Nutrition*. In : A. Richmond (Eds). *CRC Handbook of Microalgal Mass Culture*. CRC Press. Inc. Florida. Hal: 147-198.
- Kepel, R. C., F. Lumoindong, A. Sediadi, & S. S. Wonggo. 1999. Kelimpahan dan keanekaragaman fitoplankton di Laut Seram dan Selat Manipa, Maluku. *Jurnal Fakultas Perikanan*. 1(2): 60-70.
- Koru, E. & S. Cirik. 2003. The effects of temperature on growth and some biochemical characteristics of microalgae *Spirulina platensis* (Cyanophyceae). *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*. 20(3-4): 419-422.
- Kusmiyati & N.W.S. Agustini. 2007. Uji aktivitas senyawa antibakteri dari mikroalga *Porphyridium cruentum*. *Biodiversitas*. 8(1): 48-53.
- Kusnandar, F. 2010. *Kimia Pangan : Komponen Makro*. Dian Rakyat. Jakarta. 298 hal.
- Ladyba, T. 2017. *Pengaruh Pemberian Pupuk N dan P dengan Rasio N/P yang Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Protein Chlorella sp.* (Tesis). Program Studi Teknologi Bioproses Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. 83 hal.
- Lantang, B. & C. S. Pakidi. 2015. Identifikasi jenis dan pengaruh faktor oseanografi terhadap fitoplankton di perairan pantai payum – Pantai Lampu Satu Kabupaten Merauke. *Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan*. 8(2): 13-19.
- Latsos, C., E. Wassenaar, T. Moerdijk, B. Coleman, J. Robbens. S. Van Roy, L. Bastiaens, J. Van Houcke, & K. R. Timmermas. 2022. Effect of pH on *Rhodomonas salina* growth, biochemical composition, and taste, produced in semi-large scale under sunlight conditions. *Journal of Applied Phycology*. 34(3): 1215–1226.

- Lavens, P. & P. Sorgeloos. 1996. *Manual On The Production And Use Of Live Food For Aquaculture*. FAO Fisheries Technical Paper. Belgium. 305 hal.
- Lee, E.R. 1989. *Phycology*, Second edition. Cambridge University Press. Cambridge. 645 hal.
- Lomas, M.W. & P.M. Glibert. 1999. Interactions between NH₄⁺ and NO₃⁻ uptake and assimilation: comparison of diatoms and dinoflagellates at several growth temperatures. *Marine Biology*. 133: 541-551.
- Lopez, C. V. G., M. D. C. C. Garcia, F. G. A. Fernández, C. S. Bustos, Y. Chisti, & J. M. F. Sevilla. 2010. Protein measurements of microalgal and Cyanobacterial biomass. *Bioresource Technology*. 101(19): 7587-7591.
- Madigan, M. 2010. *Brock Biology of Microorganism*. Prentice Hall. Englewood Cliff. 1064 hal.
- Mahmud, S., Aunurohim, & I. T. Tjahyaningrum. 2012. Struktur komunitas fitoplankton pada tambak dengan pupuk dan tambak tanpa pupuk di Kelurahan Wonorejo. Surabaya. Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni*. 4(1): 30-43.
- Mehar, Jitendra., Ajam Shekh, Nethravathy M. U., R. Sarada, Vikas Singh Chauhan, & Sandeep Mudliar. 2019. Automation of pilot-scale open raceway pond: A case study of CO₂-fed pH control on *Spirulina* biomass, protein and phycocyanin production. *Journal of CO₂ Utilization*. 33: 384-393.
- Muhaemin, M., F. Practica, D. S. Rosi, & A. Tri. 2014. Starvasi nitrogen dan pengaruhnya terhadap biomassa dan protein total *Nannochloropsis* sp. *Maspari Journal: Marine Science Research*. 6(2): 98-102.
- Muhaemin, M., R. F. Kaswadji, & T. Pratono. 2005. Kemampuan pengikatan metaloprotein asam amino methionin terhadap pb pada *Dunaliella salina*. *Jurnal Pertanian Terapan*. 6(2): 160-165.
- Mustafa, A. & J. Sammut. 2007. Effect of different remediation techniques and dosages of phosphorus fertilizer on soil quality and klekap production in acid sulfate soil affected aquaculture ponds. *Indonesian Aquaculture Journal*. 2(2): 141-157.
- Nur, M. M. Azimatun. 2014. Potensi mikroalga sebagai sumber pangan fungsional di Indonesia. *Eksergi*. 11(2): 1-6.
- Nurfadillah, N., Ario Damar, & Enan M. A. 2012. Komunitas fitoplankton di perairan Danau Laut Tawar Kabupaten Aceh Tengah, Provinsi Aceh. *Depik*. 1(2).

- Nybakken, J. W. 1992. *Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologis*. PT Gramedia. Jakarta. 480 hal.
- Nzayisenga, J. C., X. Farge, S. L. Groll, & A. Sellstedt. 2020. Effects of light intensity on growth and lipid production in microalgae grown in wastewater. *Biotechnology for Biofuels*. 13(1): 1-8.
- Octhreeani, A. M., Supriharyono, & P. Soedarsono. 2014. Pengaruh perbedaan jenis pupuk terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dilihat dari kepadatan sel dan klorofil α pada skala semi masal. *Journal Diponegoro of MAQUARES*. 3(2): 102–108.
- Panggabean, L. M. G. 1998. Mikroalgae: alternate pangan dan bahan industri dimasa mendatang. *Oseana*. 23: 19-26.
- Phang, S. M., M. S. Miah, B. G. Yeoh, & M. Hashim. 2000. *Spirulina* cultivation in digested sago starch factory wastewater. *Journal of Applied Phycology*. 12(3): 395-400.
- Poedjiadi, A. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*. UI Press. Jakarta. 472 hal.
- Prabandani, D. 2002. *Struktur Komunitas Fitoplankton di Teluk Semangka, Lampung Pada Bulan Juli, Oktober dan Desember 2001*. (Skripsi). Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 89 hal.
- Prayitno, J. 2016. Pola pertumbuhan dan pemanenan biomassa dalam fotobioreaktor mikroalga untuk penangkapan karbon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 17(1): 45-52.
- Ramachandra, T.V., K. Sajina, & G. Supriya. 2011. Lipid composition in microalgal community under laboratory and outdoor conditions. *Indian Journal of Science and Technology*. 4(11): 1488-1496.
- Ramus, J. 1972. The production of extracellular polysaccharides by the unicellular red alga *Porphyridium aurugineum*. *Journal of Phycology*. 8(1): 97-111.
- Reynolds, C.S. 2006. *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press. New York. 435 hal.
- Richmond, A. 1988. *Spirulina*. Di dalam Borowitzka MA dan Borowitzka LJ, editor. *Micro-algal biotechnology*. Cambridge University Press. Cambridge. Hal: 85-121.
- Rijal, M. 2016. Diversifikasi produk olahan Ikan bagi ibu-ibu nelayan di Dusun Mamua Kabupaten Maluku Tengah. *BIOSEL (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Science Dan Pendidikab*. 6(2): 159-170.

- Safitri, A., H. Fitrihidayati, & Wisanti. 2013. Pemanfaatan kompos daun lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan daun angkana (*Pterocarpus indicus*) sebagai media kultur pertumbuhan populasi *Chaetoceros calcitrans*. *Lentera Bio*. 2(3): 211-216.
- Sala, S.E. 1997. Diatom flora of Paso de las Piedras impounding, Buenos Aires Province IV: Order Centrales. *Gayana Botanica*, 54(1): 1-14.
- Sanchez, M. D. M., C. M. Serrano, M. R. Rodriguez, E. M. D. L. Ossa. L. M. Lubian, & O. Montero. 2008. Extraction of carotenoids and chlorophyll from microalgae with supercritical carbon dioxide and ethanol as cosolvent. *Journal of Separation Science*. 31(8): 1352-1362.
- Sari, I.P. & A. Manan. 2012. Pola pertumbuhan *Nannochloropsis oculata* pada kultur skala laboratorium, intermediet, dan masal. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 4(2): 123-127.
- Setyaningsih, I., E. Salamah, & D. A. Rahman. 2013. Komposisi kimia dan aktivitas antiperoksidasi biomassa dan polisakarida ekstraseluler dari mikroalga *Porphyridium cruentum*. *JPHPI*. 16(1): 79-85.
- Sofarini, D. 2012. Keberadaan dan kelimpahan fitoplankton sebagai salah satu indikator kesuburan lingkungan perairan di Waduk Riam Kanan. *EnviroScienteeae*. 8(1): 30-34.
- Spolaroe, P., C. Joanis-Cassan, E. Duran, & A. Isambert. 2006. Commercial application of microalgae review. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 101(2): 87- 96.
- Suantika, G & D. Hendrawandi. 2009. Efektivitas teknik kultur menggunakan sistem kultur statis, semi-kontinyu, dan kontinyu terhadap produktivitas dan kualitas kultur *Spirulina* sp. *Jurnal Matematika dan Sains*. 14(2): 41- 50.
- Sudarmadji, S., Bambang Haryono, & Suhardi. 1984. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta. 138 hal.
- Sukardi, P. & T. Winanto. 2011. *Pakan Alami: Manfaat, Jenis dan Metode Kultur*. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto. Hal: 8.
- Surya, A. A. 2010. *Pemanfaatan Limbah Kotoran Ayam Kering Sebagai Pupuk Untuk Pertumbuhan Populasi Spirulina platensis*. (Skripsi). Fakultas Perikanan dan Kelautan. Universitas Airlangga. Surabaya. Hal. 35-40.
- Susanna, D., Zakianis, E. Hermawati, & H.K. Adi. 2007. Pemanfaatan *Spirulina platensis* sebagai suplemen protein sel tunggal (PST) mencit (*Mus musculus*). *Makara, Kesehatan*. 11(1): 44-49.

- Switzer, L. 1980. *Spirulina-The Whole Food Revolution*. CA: Bantam Books. Los Angeles. 75 hal.
- Sylvester, B. D., D. Nelvy, & Sudjiharno. 2002. Dalam Seri Budidaya Laut No. 9. *Pesyaratan Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton*. Balai Budidaya Laut Lampung. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Departemen Kelautan dan Perikanan. Hal: 24-36.
- Taw Nyan, D.R. 1990. *Petunjuk Pemeliharaan Kultur Murni dan Massal Mikroalga*. Proyek Pengembangan Budidaya Udang: United Nations Development Program. Food dan Agriculture Organization of The United Nations. US. Hal: 34.
- Tjahjo, W., L. Erawati, & S. Hanung. 2002. *Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton*. Direktorat Jendral Perikanan Budidaya Departemen Kelautan dan Perikanan: Proyek Pengembangan Perencanaan Ekologi Balai Budidaya Laut Lampung. 83 hal.
- Triswanto. 2011. *Kultivasi Diatom Penghasil Biofuel Jenis Skeletonema Costatum, Thalassiosira sp., dan Chaetoceros Gracilis pada Sistem Indoor dan Outdoor*. (Skirpsi). Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. 110 hal.
- Ulya, S., S. Sedjati & E. Yudiati. 2018. Kandungan protein *Spirulina platensis* pada media kultur dengan konsentrasi nitrat (KNO₃) yang berbeda. *Buletin Oseanografi Marina*. 7(2): 98-102.
- Utomo, N.B.P & A.E. Winarti. 2005. Pertumbuhan *Spirulina platensis* yang dikultur dengan pupuk inorganik (Urea, TSP dan ZA) dan kotoran Ayam. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 4(1): 41-48.
- Vonshak. 1988. *Porphyridium*. Cambridge University Press. Cambridge. Hal: 636-643
- Wahyuni, K.A., Anindiasuti, L.M. Sapta, & H. Agus, 2001. Teknik penyimpanan dan kegunaan Nata de Nanno. Direktorat Jendral Perikanan Budidaya laut, Lampung. Hal: 12.
- Widianingsih, R. Hartati, H. Endrawati, & J. Mamujaja. 2013. Fatty acid composition of marine microalgae in Indonesia. *Journal of Tropical Biology & Conservation*. 10: 75-82.
- Widiastuti, R., J. Hutabarat, & V. E. Herawati. 2012. Pengaruh pemberian pakan alami berbeda (*Skeletonema costatum* dan *Chaetoceros gracilis*) terhadap pertumbuhan biomass mutlak dan kandungan nutrisi *Artemia* sp. lokal. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 1(1): 236-248.

- Widjaja, F. 2004. Pendayagunaan rotifera yang diberi pakan alami berbagai jenis mikroalga. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. 11(1): 23-27.
- Widyantoro, H., M. Wijayanti & SH. Dwinanti. 2018. Modifikasi media *Spirulina plantesis* sebagai upaya pemanfaatan air limbah budi daya Ikan Lele. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. 6(2): 153- 164.
- Wijaya, S. A. 2006. *Pengaruh Pemberian Konsentrasi Urea yang Berbeda Terhadap pertumbuhan Nannochloropsis oculata.*(Skripsi). Program Studi Budi daya Perairan. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya. 75 hal.
- Wijiseno. 2011. *Uji pengaruh variasi media kultur terhadap tingkat pertumbuhan dan kandungan protein, lipid, klorofil, dan karotenoid pada mikroalga Chlorella vulgaris Buitenzorg.*(Skripsi). Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok. 88 hal.
- Winarni, T., M. Suzery, D. Sutrisnanto, & W. Farid. 2015. Comparative study of bioactive substances extracted from fresh and dried *Spirulina* sp. *Procedia Environmental Sciences*. 23: 282–289.
- Yarti, Nindri., M. Muhaemin, and S. Hudaidah. 2014. Pengaruh salinitas dan nitrogen terhadap kandungan protein total *Nannochloropsis* sp. *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. 2(2): 273-278.
- Zainuddin, M., N. Hamid, I. Mudiarti, N. Kursistyanto & Budi. 2017. Pengaruh media hiposalin dan hipersalin terhadap respon pertumbuhan dan biopigmen *Dunaliella salina*. *Jurnal Enggano*. 2(1): 46-57.
- Zaki, I. 2017. *Analisis Pemanenan Mikroalga (Thalassiosira sp.) Menggunakan Membran Ultrafiltrasi Sistem Aliran Dead End Sebagai Sumber Biomassa Potensial.* (Tesis). Program Studi Teknologi Bioproses Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. 101 hal.