

**PENGARUH PEMBERIAN REBUSAN DAUN KELOR PADA  
PUPUK WALNE DENGAN DOSIS YANG BERBEDA  
TERHADAP KEPADATAN DAN LAJU PERTUMBUHAN  
*Spirulina* sp.**

**SKRIPSI**



**NUR HILDAYANTI  
G0220004**

**PROGRAM STUDI AKUAKULTUR  
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT  
2025**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

Skripsi yang berjudul

**PENGARUH PEMBERIAN REBUSAN DAUN KELOR PADA MEDIA  
WALNE DENGAN DOSIS YANG BERBEDA TERHADAP KEPADATAN  
DAN PERTUMBUHAN *Spirulina* sp.**

Diajukan oleh:

**NUR HILDAYANTI**

**G0220004**

Skripsi Ini Telah Di Setujui Dan Diterima Pada Tanggal:

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota



**Adiara Firdhita Alam Nasvrah, S.Pl., M.Si**  
**NIDN. 0026079502**



**Rahmi Nur, S.Si., M.Si.**  
**NIDN.001118706**

Mengetahui:

Dekan Fakultas Peternakan dan Perikanan



**Prof. Dr. Ir. Siti Nurani Sirajuddin, S.Pl., M.Si., IPU**  
**NIP. 19710421 199702 2 002**

**HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul

**PENGARUH PEMBERIAN REBUSAN DAUN KELOR PADA MEDIA  
WALNE DENGAN DOSIS YANG BERBEDA TERHADAP  
KEPADATAN DAN PERTUMBUHAN *Spirulina* sp.**

Diajukan oleh:

**NUR HILDAYANTI**  
G0220004

Telah dipertahankan didepan dewan penguji

Pada Hari/Tanggal:

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

**Dr. Muhammad Nur, S.Pi, M.Si**  
Penguji Utama

**Muh Ansar, S.Pi., M.Si**  
Penguji Anggota

**Irma Yulia Mudjid, S.Pi, M.Si**  
Penguji Anggota

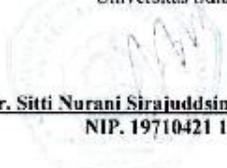
**Rahmi Nur, S.Si, M.Si**  
Penguji Anggota

**Adiara Firdhita Alam Nasvrah, S.Pi., M.Si**  
Penguji Anggota



**Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu  
Persyaratan untuk memperoleh derajat sarjana  
Tanggal: \_\_\_\_\_**

Mengetahui dan mengesahkan  
Dekan Fakultas Peternakan dan Perikanan  
Universitas Sulawesi Barat



**Prof. Dr. Ir. Sitti Nurani Sirajuddsin, S.Pt., M.Si., IPU., ASEAN Eng**  
NIP. 19710421 199702 2 002

### PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawa ini :

Nama : Nur Hildayanti  
NIM : G0220004  
Program Studi : Akuakultur  
Fakultas : Peternakan dan Perikanan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Karya tulis ilmiah saya (Skripsi) ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, megister dan/atau doktor) baik di Universitas Sulawesi Barat maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau gagasan/pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Majene, Februari 2025  
Yang membuat pernyataan

  
Nur Hildayanti  
G0220004

## ABSTRAK

**NUR HILDAYANTI (G0220004) Pengaruh Pemberian Rebusan Daun Kelor Pada Pupuk Walne Dengan Dosis Yang Berbeda Terhadap Kepadatan dan Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp. Dibimbing oleh ADIARA FIRDHITA ALAM NASYRAH sebagai pembimbing utama dan RAHMI NUR sebagai pembimbing Anggota**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian rebusan daun kelor pada pupuk walne dengan dosis yang berbeda terhadap kepadatan dan laju pertumbuhan *Spirulina* sp. Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Agustus 2024 di Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Poniang, Desa Tallu Banua, Kecamatan Sendana, Kabupaten Majene, Provinsi Sulawesi Barat. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 (empat) perlakuan masing-masing 3 (tiga) ulangan yaitu perlakuan A (5 mL pupuk walne + 95 mL rebusan daun kelor), Perlakuan B (10 mL pupuk walne + 90 mL rebusan daun kelor), perlakuan C (25 mL pupuk walne + 75 mL rebusan rebusan daun kelor), dan perlakuan D (30 mL pupuk walne + 70 mL rebusan daun kelor). Parameter yang diuji adalah kepadatan dan laju pertumbuhan. Analisis data yang digunakan yaitu analisis ragam ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian rebusan daun kelor pada pupuk walne dengan dosis yang berbeda terhadap kepadatan dan laju pertumbuhan *Spirulina* sp. tidak pengaruh nyata ( $p > 0,05$ ), pada kepadatan nilai tertinggi pada perlakuan perlakuan perlakuan C (25 mL pupuk walne + 75 mL rebusan daun kelor) dengan nilai 391.333 sel/mL. Laju pertumbuhan nilai tertinggi pada perlakuan D (30 mL pupuk walne + 70 mL rebusan daun kelor) dengan jumlah 0,346 sel/mL/hari.

**Kata kunci : Kepadatan, Laju Pertumbuhan Harian, Rebusan Daun Kelor, *Spirulina* sp.**

## ABSTRACT

**NUR HILDAYANTI (G0220004) Effect of Moringa Leaf Decoction on Walne Fertilizer with Different Doses on the Density and Growth Rate of *Spirulina* sp. Supervised by ADIARA FIRDHITA ALAM NASYRAH as the main supervisor and RAHMI NUR as a member supervisor.**

This study aims to determine the effect of moringa leaf decoction on walne fertilizer with different doses on the density and growth rate of *Spirulina* sp. This research was conducted in August 2024 at the Poniang Beach Fish Seed Center (BBIP), Tallu Banua Village, Sendana District, Majene Regency, West Sulawesi Province. This study used a completely randomized design (CRD) with 4 (four) treatments of 3 (three) replicates each, namely treatment A (5 mL walne fertilizer + 95 mL moringa leaf decoction), treatment B (10 mL walne fertilizer + 90 mL moringa leaf decoction), treatment C (25 mL walne fertilizer + 75 mL moringa leaf decoction), and treatment D (30 mL walne fertilizer + 70 mL moringa leaf decoction). The parameters tested were density and growth rate. Data analysis used was ANOVA analysis of variance with 95% confidence level. The results showed that the provision of moringa leaf decoction in walne fertilizer with different doses on the density and growth rate of *Spirulina* sp. no significant effect ( $p > 0.05$ ), on the density of the highest value in treatment C (25 mL walne fertilizer + 75 mL moringa leaf decoction) with a value of 391,333 cells/mL. The highest value growth rate in treatment D (30 mL walne fertilizer + 70 mL moringa leaf decoction) with a number of 0.346 cells/mL/day.

**Keywords: Density, Daily Growth Rate, Moringa Leaf Decoction, *Spirulina* sp.**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mikroalga adalah komponen penting dalam akuakultur karena mikroalga sebagai awal aliran energi dalam rantai makanan di perairan yang berfungsi sebagai produsen primer (Cahyaningsih dan Subyakto 2009). Mikroalga merupakan salah satu organisme yang dimanfaatkan sebagai pakan alami dalam budidaya organisme akuatik (Tambunan *et al.*, 2022). Para pembudidaya banyak menggunakan mikroalga sebagai pakan alami dalam kegiatan budidaya dikarenakan pakan alami mudah dikembangbiakkan, mudah dicerna, mudah didapatkan di alam, sehingga mampu mengurangi pengeluaran produksi (Hasim *et al.*, 2022). Pakan alami yang banyak digunakan dalam kegiatan budidaya salah satunya yaitu *Spirulina* sp. (Astiani *et al.*, 2016).

*Spirulina* sp. banyak dijadikan sebagai pakan alami bagi udang dan ikan serta juga banyak digunakan sebagai pakan tambahan bagi ikan hias karena dapat menambah pewarnaan akibat pigmen yang terkandung didalamnya antara lain klorofil (0,08%), beta karoten (0,23%) dan xanthofil (0,12- 0,15%). Selain sebagai pakan alami *Spirulina* sp. banyak digunakan sebagai imunostimulan, obat-obatan, kosmetik dan pewarna alami, kegunaan *Spirulina* sp., yang beragam menjadikan mikroalga ini berpotensi untuk dikembangkan (Sutomo *et al.*, 2005).

Pemanfaatan *Spirulina* sp. semakin meningkat sehingga perlu dikembangkan, salah satu cara untuk dikembangbiakkan yaitu dengan cara kultivasi. Lingkungan

sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan kultivasi *Spirulina* sp. Kultivasi biasa dilakukan menggunakan air laut, air tawar, maupun air payau. Proses kultivasi membutuhkan media kultur yang tepat dan mengandung nutrisi yang diperlukan *Spirulina* sp. Salah satu media yang dapat digunakan dalam proses kultivasi *Spirulina* sp. yaitu air laut, hal ini dikarenakan air laut adalah habitat asli mikroalga ini untuk dapat berkembang biak. *Spirulina* sp. juga membutuhkan nutrisi tambahan baik makro nutrisi atau pun mikro nutrisi untuk mendukung kelangsungan hidupnya. Mikro nutrisi yang diperlukan *Spirulina* sp. yaitu Fe, Mn, Cu, Zn, B dan sianokobalamin sebagai nutrisi tambahan serta makro nutrisi antara lain N, P, C, H, O, Ca, Mg, dan K (Caturwati & Setyati, 2020).

*Spirulina* sp. membutuhkan penanganan yang baik khususnya terkait pemenuhan kebutuhan unsur nutrisi yang dibutuhkan dalam pertumbuhan. Keberadaan nutrisi atau unsur hara akan sangat mempengaruhi kualitas dan kuantitas produksi sel *Spirulina* sp. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan (Sanchez *et al.*, 2003); (Christwardana dan Hadiyanto, 2013) bahwa komposisi bahan nutrisi diperlukan untuk memperkaya kandungan nutrisi *Spirulina* sp. dan nutrisi yang lengkap berpengaruh terhadap produksi biomassa *Spirulina* sp.

Pemilihan pupuk dengan komposisi bahan nutrisi dalam media kultur *Spirulina* sp. diperlukan untuk memperkaya kandungan nutrisi, selain untuk menjaga keseimbangan gizi yang dibutuhkan (Suminto, 2009) unsur hara atau nutrisi dalam media kultur ini sangat penting untuk menjaga kuantitas, kualitas, dan kestabilan produksi sel *Spirulina* sp. Jenis pupuk yang banyak dipilih masyarakat dalam kultur *Spirulina* sp. adalah jenis PA (Pro Analisis) yang sudah distandarkan

seperti pupuk walne. Menurut Widianingsih *et al.*, (2008), media walne yaitu media kultur yang baik bagi *Spirulina* sp., karena media walne mengandung komposisi nutrisi yang lengkap yaitu terdiri atas unsur makro dan mikro jika dibandingkan dengan media lain. Media Walne mengandung N( $\text{NaNO}_3$ ) sebanyak 100 g/L dan P ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) sebanyak 20 g/L (Marthia 2020)

Daun kelor (*Moringa oleifera*) adalah tanaman tropis yang mudah tumbuh dan belum dimanfaatkan dengan optimal. Daun kelor memiliki kandungan nutrisi yang sangat kompleks diantaranya, dalam 100 gram daun kelor segar mengandung 15 g N, 440 mg Ca, 70 mg P, 7 mg Fe, 110 mg Cu, 5.1 mg I, dan 11,300 IU pro-vitamin A, (Makkar and Becker, 1996; Francis, *et al.*, 2015). Daun kelor dikenal mempunyai berbagai senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Daun kelor diketahui mengandung senyawa fitokimia seperti flavonoid, saponin, dan tanin yang berperan sebagai antibakteri (Busani *et al.*, 2012). Tanaman kelor merupakan tanaman yang berpotensi untuk digunakan, penggunaan tanaman ini memiliki beberapa keuntungan yaitu, kesediannya yang melimpah, ramah lingkungan, tidak menyebabkan resistensi, mudah diperoleh, dan harganya yang ekonomis serta tanaman kelor merupakan tanaman yang bersifat antijamur dan sebagai pengganti antibiotik (Diana *et al.*, 2017). Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh pemberian rebusan daun kelor pada pupuk walne dengan dosis yang berbeda terhadap kepadatan dan pertumbuhan *Spirulina* sp. penambahan rebusan daun kelor dapat memenuhi nutrisi pertumbuhan *Spirulina* sp agar meningkatkan laju pertumbuhan, produktivitas biomassa, meningkatkan kandungan

protein dan ketahanan terhadap stress lingkungan. Apakah dosis yang sudah ditentukan sudah optimal antara rebusan daun kelor dan pupuk walne untuk pertumbuhan *Spirulina* sp.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Apakah pemberian rebusan daun kelor berpengaruh terhadap kepadatan dan pertumbuhan *Spirulina* sp.?
2. Konsentrasi berapakah pemberian rebusan daun kelor yang baik untuk kepadatan dan pertumbuhan *Spirulina* sp.?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh rebusan daun kelor terhadap kepadatan *Spirulina* sp.?
2. Untuk mengetahui pengaruh rebusan daun kelor untuk laju pertumbuhan *Spirulina* sp.?

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menambah pengetahuan dan wawasan penulis mengenai pengaruh pemberian rebusan daun kelor pada pupuk walne dengan dosis yang berbeda terhadap kepadatan dan pertumbuhan *Spirulina* sp.
2. Penelitian ini dapat menjadi sumber informasi bagi masyarakat khususnya mahasiswa, peneliti dan pembudidaya untuk mengetahui rebusan daun kelor yang baik untuk pertumbuhan *Spirulina* sp.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Klasifikasi *Spirulina* sp.

Klasifikasi *Spirulina* sp. menurut Bold dan wyne (1985) dalam Hidayati (2014) adalah sebagai berikut:

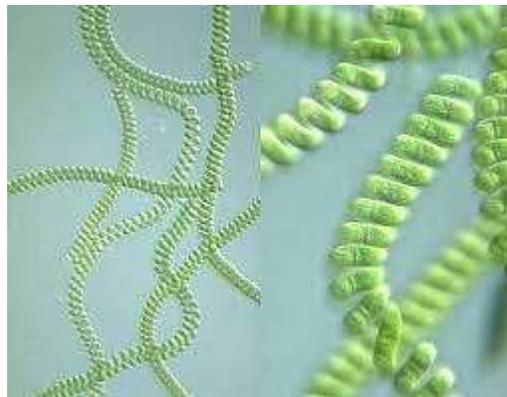
Kingdom	: Protista
Filum	: Cyanobacteria
Kelas	: Cyanophyceae
Famili	: Oscilatoriaceae
Genus	: <i>Spirulina</i>
Spesies	: <i>Spirulina</i> sp.

#### 2.2 Morfologi

*Spirulina* sp. berbentuk spiral dengan sel membentuk filamen terpinil dan berdiameter 1-12  $\mu\text{m}$  serta memiliki bentuk tubuh menyerupai benang dan merupakan rangkaian sel yang berbentuk silindris dengan dinding sel yang tipis (Haryati, 2008). *Spirulina* sp. merupakan mikroalga multiseluler yang bersifat autotrof dan berwarna hijau kebiruan dengan sel silindris yang membentuk koloni menyerupai spiral (*helix*). Koloni tersebut merupakan hasil pembelahan sel berulang-ulang pada bidang tunggal dan membentuk rantai yang disebut trikom. Trikom tersebut dapat berlekatan satu dengan yang lain, dengan penghubung selubung gelatin yang mengelilinginya yang disebut filamen (Pramedistian, 2019).

Sel *Spirulina* sp. terbagi menjadi dua bagian yaitu sentroplasma yang berada di bagian pusat dan dikelilingi oleh kromoplasma. Kromoplasma adalah daerah berpigmen di luar inti sel dan berstruktur homogen, sedangkan sentroplasma berbentuk tidak teratur, mendominasi sepertiga volume sel dan memiliki massa yang padat, yang umumnya disebut inti. Inti ini tidak memiliki membran pembatas sehingga tidak mengalami pembelahan mitosis (Cifferi, 1983). Menurut Kebede & Ahlgren (1996), *Spirulina* sp. adalah jenis *cyanobacteria* yang mengandung klorofil dan dapat melakukan fotosintesis.

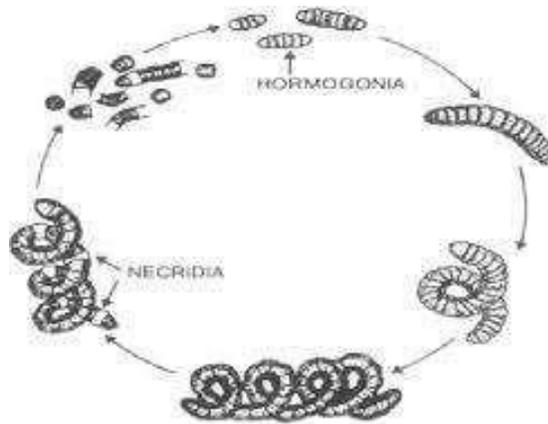
Zat warna alami yang terkandung dalam *Spirulina* sp. terdiri atas pigmen hijau, merah, kuning dan biru. Kandungan fikosianin yang tinggi pada mikroalga ini menyebabkan warna *Spirulina* sp. cenderung hijau biru. *Spirulina* sp., memiliki struktur *trichoma* spiral dengan filamen–filamen bersifat mortal dan tidak memiliki heterosit (Richmond, 1988 dalam Borowitzka, 1994). Morfologi *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Spirulina* sp. (Hariyati, 2008)

### 2.3 Reproduksi

Proses reproduksi *Spirulina* sp. yaitu disempurnakan dengan fragmentasi dari trikoma yang telah dewasa. *Spirulina* sp. terjadi secara aseksual (pembelahan sel) yaitu dengan memutus menjadi satuan-satuan sel yang kemudian membentuk filamen baru. Ada tiga tahap dasar pada reproduksi *Spirulina* sp. yaitu proses fragmentasi trikoma, pembesaran dan pematangan sel, serta perpanjangan trikoma. Selanjutnya trikoma dewasa menjadi hormogonia dan sel-sel hormogonia akan meningkat melalui pembelahan biner, tumbuh memanjang dan membentuk spiral (Putri, 2019). Berikut reproduksi *Spirulina* sp., dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Reproduksi *Spirulina* sp. (Hongmei gong *et al.*, 2008)

Mikroalga *Spirulina* sp. bereproduksi dengan fragmentasi. Fragmentasi adalah pemutusan bagian tubuh yang kemudian membentuk individu baru. Pada filamen yang panjang jika salah satu selnya mati maka sel mati itu membagi filamen menjadi dua bagian atau lebih. Masing-masing bagian disebut hormogonium. Selain itu, fragmentasi juga terjadi pada pemisahan dinding yang berdekatan pada trikoma. Pada proses fragmentasi, filamen yang panjang akan

terputus menjadi dua atau lebih benang pendek. Setiap hormogonium akan tumbuh menjadi filamen baru. Tempat pemutusan filamen adalah sel mati yang terdapat diantara sel penyusun filament. Selain berfragmentasi *Spirulina* sp. juga bereproduksi dengan pembelahan biner. Pembelahan biner merupakan pembelahan sel secara langsung yang dapat memperbanyak jumlah filamen. Sel- sel membelah menjadi dua dan tidak saling terpisah sehingga membentuk filamen yang terdiri atas deretan mata rantai sel yang disebut trikoma (Khoirul, 2013).

#### **2.4 Kualitas Air**

Lingkungan tempat tumbuh *Spirulina* sp. harus dapat memenuhi semua kebutuhan yang diperlukan untuk mendapatkan pertumbuhan *Spirulina* sp. yang optimal. Faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga antara lain adalah nutrien, cahaya, suhu, pH dan agitasi (Richmond, 2004). Mikroalga *Spirulina* sp. termasuk ke dalam mikroalga mesofilik, yang dapat tumbuh pada temperatur 20-40°C dengan suhu optimum pertumbuhannya 25-33°C. Suhu minimum untuk pertumbuhannya adalah antara 18-20°C. Umumnya kisaran temperatur untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. lebih besar dibandingkan jenis mikroalga lainnya (Borowitzka, 1994).

#### **2.5 Fase Pertumbuhan**

Siklus pertumbuhan *Spirulina* sp. yang terjadi dalam kultur skala laboratorium dan skala semi massal pada dasarnya tidak jauh berbeda dan siklus tersebut dapat berlangsung selama sepuluh hari dari fase lag sampai fase kematian. Menurut Muliani *et al.* (2018), pertumbuhan *Spirulina* sp. terjadi dalam 4 fase yaitu:

### 2.5.1 Fase lag

Fase lag atau fase adaptasi merupakan fase ketika populasi mikroalga tidak mengalami perubahan, tetapi ukuran sel pada fase tersebut meningkat. Pada fase ini, proses fotosintesis sedang berlangsung sehingga organisme mengalami metabolisme, tetapi belum terjadi pembelahan sel sehingga kepadatannya belum meningkat. Fase lag diawali dengan terjadinya penyesuaian sel terhadap lingkungan baru. Sel mengalami defisiensi enzim atau koenzim, sehingga harus disintesis terlebih dahulu agar berlangsung aktivitas biokimia sel selanjutnya (Brock & Madigan, 1991).

### 2.5.2 Fase Logaritmik (Pertumbuhan Eksponensial)

Pada fase eksponensial mikroalga membelah dengan cepat dan konstan sehingga kepadatan sel akan meningkat mengikuti kurva logaritmik. Pada fase eksponensial mikroalga lebih banyak membutuhkan energi dari pada fase lainnya dan paling sensitif terhadap keadaan lingkungannya (Vonshak *et al.* 2004 ; Andersen, 2005). Kandungan protein pada fase eksponensial akan tetap, sedangkan akumulasi dari kandungan karbohidrat dan lemak terjadi pada fase stasioner dari siklus hidup mikroalga (Andersen, 2005).

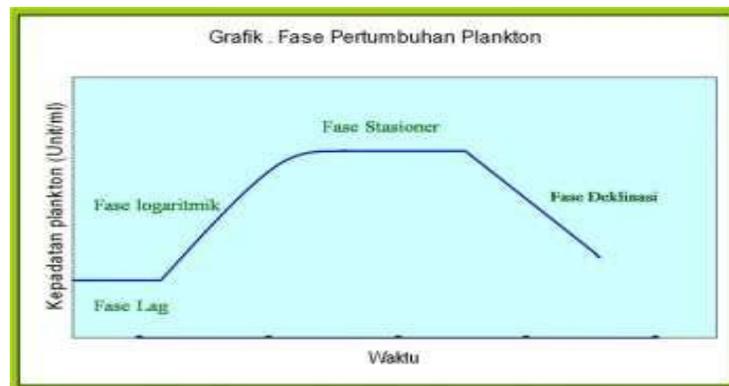
### 2.5.3 Fase Stasioner (Pertumbuhan Stabil)

Fase stasioner merupakan fase dengan pertumbuhan yang mulai mengalami penurunan dibandingkan fase eksponensial. Brown *et al.*, (1997)

menjelaskan bahwa pada saat kultur berada pada fase stasioner, komposisi mikroalga berubah secara signifikan karena terbatasnya kandungan nitrat pada media kultur yang mengakibatkan kandungan karbohidrat meningkat hingga dua kali lipat dari kandungan protein. Menurut Chu *et al.*, (1982), kandungan karbohidrat total meningkat sesuai dengan umur dari kultur mikroalga. Pada fase stasioner, laju reproduksi atau pembelahan sel sama dengan laju kematian dalam arti 15 penambahan dan pengurangan plankton relatif sama sehingga kepadatan plankton cenderung tetap.

#### 2.5.4 Fase Deklinasi (Kematian)

Fase dimana terjadi penurunan jumlah atau kepadatan plankton, pada fase ini laju kematian lebih cepat dibandingkan laju reproduksi. Laju kematian fitoplankton dipengaruhi oleh ketersediaan nutrien, cahaya, suhu, dan umur fitoplankton itu sendiri (Rezsa, 2011). Berikut Fase pertumbuhan plankton dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Fase Pertumbuhan Plankton (Winasis, 2011)

## 2.6 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan

Kultur mikroalga dipengaruhi oleh faktor pertumbuhan yaitu berasal dari faktor lingkungan dan nutrien. Beberapa faktor yang dapat memengaruhi pertumbuhan mikroalga adalah sebagai berikut:

### 2.6.1 Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan yaitu cahaya, suhu, oksigen, karbon dioksida, pH, salinitas, dan agitasi.

1. Cahaya dalam pertumbuhan mikroalga digunakan dalam proses fotosintesis. Fotosintesis pada mikroalga akan naik seiring dengan kenaikan intensitas cahaya. Menurut Richmond (2004), intensitas cahaya yang optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. berkisar antara 1500- 3000 lux dan tidak melebihi 4000 lux. Penurunan suhu pada lingkungan kultur akan menyebabkan penurunan laju fotosintesis dan meningkatnya derajat lipid tidak jenuh didalam sistem membran, sedangkan peningkatan suhu akan merangsang aktivitas molekul sehingga laju difusi meningkat.
2. *Spirulina* sp. dapat tumbuh pada kisaran suhu 20-40 °C dengan kisaran suhu optimal untuk pertumbuhannya adalah 25-35 °C (Wulandari, 2011).
3. Ketersediaan oksigen di dalam media kultur merupakan faktor penting untuk fitoplankton, karna secara langsung dipakai sebagai bahan untuk membentuk molekul-molekul organik melalui proses fotosintesis. Oksigen optimum bagi pertumbuhan fitoplankton berkisar

4,65-6,27 mg/L (Richmond, 2004).

4. Nilai pH pada media tumbuh mikroalga akan menentukan kemampuan biologi mikroalga dalam memanfaatkan unsur hara, sehingga pH optimum sangat penting untuk menunjang pertumbuhan *Spirulina* sp. yang optimal. Nilai pH yang baik untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. berkisar antara 8,5-9,5 (Suryati, 2002). Nilai pH atau derajat keasaman dalam media kultur dapat mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan alga antara lain mengubah keseimbangan karbon anorganik, mengubah ketersediaan nutrient dan mempengaruhi fisiologi sel. Sebagian besar alga dapat tumbuh pada kondisi pH antara 6-8.
5. Salinitas merupakan kadar garam yang terlarut dalam air, yang memiliki peranan penting dalam pertumbuhan mikroalga. Penurunan kadar salinitas dapat menghambat pertumbuhan mikroalga, dimana beberapa fitoplankton dapat tumbuh dalam kisaran salinitas yang tinggi ada pula yang dapat tumbuh dalam kisaran salinitas yang rendah. Akan tetapi kebanyakan mikroalga seperti *Spirulina* sp. mempunyai toleransi yang cukup tinggi terhadap perubahan salinitas (Robi, 2014). Menurut Wicaksono (2014) salinitas yang optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. berkisar antara 20-30 ppt.
6. Agitasi atau proses pengadukan merupakan faktor yang penting dalam mengoptimalkan proses pertumbuhan *Spirulina* sp. Agitasi dilakukan untuk menjaga kelarutan CO<sub>2</sub>, meratakan penyebaran

nutrien dan cahaya serta mencegah pengendapan sel-sel alga. Salah satu cara agitasi yang termudah dan efektif adalah dengan aerasi. Pemberian aerasi tersebut akan dapat memberikan udara ke dalam media tumbuh. Aerasi merupakan salah satu alat untuk membantu difusi oksigen dalam perairan. Dalam kultur *Spirulina* sp. Aerasi diperlukan mencegah terjadinya pengendapan, meratakan nutrien, membuat gerakan untuk terjadinya pertukaran udara (penambahan CO<sub>2</sub>), dan dalam skala semi massal untuk mencegah terjadinya stratifikasi suhu (Novrina, 2003).

#### 2.6.2 Faktor Ketersediaan Nutrien

Faktor-faktor lingkungan yang mendukung pertumbuhan *Spirulina* sp. adalah suhu, salinitas, cahaya, pH, dan agitasi.

1. Menurut Vonshak *et al.*, (2004), setiap jenis mikroalga memiliki perbedaan komposisi protein dan lemak dalam komposisi biokimia pada tubuhnya, dimana unsur yang penting berupa nitrogen (N) dan fosfor (P). Protein dalam *Spirulina* sp. sangat dibutuhkan untuk proses metabolisme sel dalam menunjang pertumbuhan, yaitu mempengaruhi proses sintesis dan akumulasi dari kandungan dalam sel seperti karbohidrat, asam amino, asam nukleat dan lemak (Tokusoglu & Uunal, 2006).
2. Unsur Nitrogen. Fosfor dan Belerang berperan dalam pembentukan protein, unsur Kalium berperan dalam metabolisme karbohidrat, unsur Fe dan Na berperan dalam pembentukan klorofil Unsur Si dan Ca berperan dalam pembentukan dinding sel atau cangkang Vitamin B12 digunakan

untuk memacu pertumbuhan melalui rangsangan fotosintetik. Sedangkan menurut Juneja *et al.*, (2013) menyebutkan ada 5 nutrisi yang untuk pertumbuhan mikroalga yaitu nitrogen, karbon, posfat, fosfor, dan trace metal c.

3. Nitrogen adalah elemen mendasar bagi pembentukan protein dan asam nukleat. Sekitar 7%, 20%, berat kering alga mengandung nitrogen. Nitrogen merupakan bagian yang tak terpisahkan dari ATP dan sebagai pembawa energi dalam sel. Kekurangan nitrogen dapat menyebabkan perubahan enzim dalam sel alga yang ditunjukkan melalui adanya sintesis lipid dan penurunan sintesis klorofil menyebabkan sel kelebihan karotenoid.
4. Karbon adalah salah satu nutrisi penting bagi fotosintesis untuk pertumbuhan dan reproduksi alga. Karbon ini akan digunakan untuk respirasi, sebagai sumber energi, atau sebagai bahan baku dalam pembentukan sel tambahan. Mengurangi suplai karbon dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan alga. Alga membutuhkan sumber karbon dalam bentuk  $\text{CO}_2$ , karbonat, atau bikarbonat untuk pertumbuhan autotrofik dan dalam bentuk asetat atau glukosa untuk pertumbuhan heterotrofik.
5. Fosfat merupakan makronutrien yang berperan penting dalam pertumbuhan dan metabolisme sel alga. Fosfat, merupakan bagian dari DNA dan RNA yang mana merupakan makromolekul penting bagi semua sel hidup. Selain itu fosfat juga merupakan komponen dalam pembentukan fosfolipid.

6. Fosfor merupakan salah satu komponen penting yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan sel-sel alga. Sekitar 1% berat kering alga biasanya mengandung fosfor. Defisiensi fosfor menyebabkan terjadinya penurunan tingkat pemanfaatan cahaya yang diperlukan untuk proses fiksasi karbon. Trace dalam sel alga biasanya terkandung dalam jumlah yang sedikit namun merupakan komponen esensial dalam proses fisiologi. Beberapa trace metals. Fosfor adalah nutrisi utama lain untuk kultur mikroalga. Bentuk utama dimana mikroalga menyerap fosfor adalah fosfat anorganik seperti  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Mikroalga dapat memanfaatkan senyawa fosfat organik dan menghidrolisis dengan ekstrasel oleh aksi enzim phosphoesterase atau fosfatase dan kemudian mengambil P anorganik yang dihasilkan (Borowitzka, 1988).
7. Becker (1995), Vonshak *et al.*, (2004) dan Andersen (2005) menyatakan bahwa pertumbuhan *Spirulina* sp. akan dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dalam media pertumbuhannya. Makronutrien dalam media yang dibutuhkan yaitu berupa C, H, O, N, P, K, S, Ca dan unsur mikronutrien yaitu Fe, Cu, Mg, Co, Mn, B, dan Zn. Komponen vitamin yang tersedia dalam media juga dapat mempercepat pertumbuhan terutama kandungan vitamin B12 (Andersen, 2005).

## **2.7 Manfaat dan Kandungan Nutrisi**

Menurut Budiardi *et al.*, (2010), pemanfaatan *Spirulina* sp. telah berkembang dari asalnya sebagai pakan alami ikan dan makanan pada manusia, bahan baku kimia untuk bidang medis, penelitian biologi dan kosmetik. Dengan

banyaknya manfaat tersebut, *Spirulina* sp. diprediksi dapat menjadi salah satu spesies yang penting dalam industri bioteknologi mikroalga. Berbagai bentuk keunggulan tersebut menjadikan budidaya mikroalga yang sangat penting.

Dalam bidang akuakultur, *Spirulina* sp. banyak digunakan sebagai pakan tambahan ikan hias karena dapat menambah pewarnaan akibat pigmen yang terkandung didalamnya. Pigmen tersebut antara lain klorofil (0,08%), beta karoten (0,23%) dan xanthofil (0,12- 0,15%). Selain sebagai pakan alami *Spirulina* sp. banyak digunakan sebagai imunostimulan, obat-obatan, kosmetik dan pewarna alami (Utomo *et al.*, 2005).

Menurut Christwardana & Hadiyanto (2012), mikroalga *Spirulina* sp. memiliki kandungan mineral yang rendah sehingga tidak berbau amis dan aman untuk digunakan sebagai makanan manusia. Selain itu, *Spirulina* sp. juga dapat digunakan sebagai agen penetralisir arsenik untuk limbah dan bahan beracun serta logam berat lainnya (Liu *et al.*, 2000). Pada perairan yang mengalami pencemaran karena polutan, pemanfaatan *Spirulina* sp. dapat merestorasi karena mampu menurunkan BOD dalam limbah. Selain itu, *Spirulina* sp. juga memiliki kemampuan untuk mengatasi masalah eutrofikasi perairan karena dapat menurunkan kadar N dan P (Prasetyo & Kusumaningrum, 2010).

*Spirulina* sp. banyak digunakan sebagai makanan fungsional dan penghasil berbagai bahan aktif penting bagi kesehatan, antara lain asam lemak tak jenuh majemuk *Polyunsaturated Fatty Acide* (PUFA) yaitu Asam Linoleat (LA) dan  $\alpha$ -Linolenat (GLA). LA dan GLA berguna untuk pengobatan hiperkolesterol, sindrom prahaid, eksema atopik dan anti trombotik. Pemanfaatan mikroalga *Spirulina* sp.

sebagai makanan dan kesehatan sudah banyak dilakukan. Selain mudah dicerna, mikroalga ini mengandung senyawa-senyawa yang diperlukan oleh tubuh, seperti protein, lipid, karbohidrat asam lemak tidak jenuh, vitamin-vitamin, mineral, asam amino dan beberapa jenis pigmen yang sangat bermanfaat. Pada beberapa negara tertentu seperti Spanyol, Switzerland, Australia, Jepang dan Amerika, mikroalga telah dimanfaatkan sebagai obat-obatan dan bubuk keringnya dijadikan sebagai makanan kesehatan yang dipasarkan (Nurlina, 2018).

## **2.8 Klasifikasi Tanaman Kelor (*Moringa oleifera* )**

Menurut Integrated Taxonomic Information System (2017), klasifikasi tanaman kelor sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Brassicales
Familia	: Moringaceae
Genus	: Moringa
Spesies	: <i>Moringa oleifera</i> Lamk

## **2.9 Morfologi Tanaman Kelor**

Daun kelor berbentuk bulat telur, bersirip tak sempurna, beranak daun gasal, tersusun majemuk dalam satu tangkai, dan hanya sebesar ujung jari. Helai daun kelor berwarna hijau, ujung daun tumpul, pangkal daun membulat, tepi daun rata,

susunan pertulangan menyirip serta memiliki ukuran 1-2 cm (Yulianti, 2008). Bunga kelor muncul di ketiak daun, beraroma khas dan berwarna putih kekuning-kuningan. Buah kelor berbentuk segitiga, dengan panjang sekitar 20-60 cm dan berwarna hijau. Kelor berakar tunggang, berwarna putih, berbentuk seperti lobak, berbau tajam dan berasa pedas (Tilong, 2012).



Gambar 4. Tanaman Kelor (*Moringa oleifera* )  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

#### **2.10 Kandungan Tanaman Kelor (*Moringa oleifera* )**

Tanaman kelor juga mengandung senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, tanin, saponin, flavonoid dan fenol (Oluduro & Anthonia, 2012). Daun kelor merupakan salah satu bagian yang banyak diteliti kandungan gizi dan kegunaannya dalam bidang pangan dan kesehatan, karena dibagian daun terdapat banyak nutrisi seperti, kalsium, protein, zat besi, vitamin A, B dan C (Misra & Misra *et al.*, 2014). Menurut Krisnadi (2012), daun kelor memiliki kandungan karbohidrat 12,5%, vitamin A, B1, B2, C, kalium, kalsium, protein 7%, serta berbagai jenis mineral lainnya. Namun bila dalam kondisi kering, daun kelor memiliki kandungan protein yang cukup tinggi hingga 27%.

Rebusan daun kelor merupakan pupuk organik yang paling baik untuk semua jenis tanaman sehingga daun kelor dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair (Krisnadi, 2015). Kandungan senyawa pada tanaman kelor diketahui banyak mengandung nutrisi esensial seperti vitamin, mineral, asam amino, beta-karoten, antioksidan, nutrisi anti inflamasi, omega 3 dan 6 fatty acid (Kasolo *et al.*, 2011).

Daun kelor (*Moringa oleifera*) telah dilaporkan sebagai sumber nutrisi makro dan mikro yang berharga, yang dibutuhkan oleh tubuh manusia, menjadi sumber beta-karoten, vitamin C, protein, kalsium, zat besi, dan kalium yang signifikan. Beberapa penelitian telah dilakukan, melaporkan tingkat nutrisi, termasuk mineral dalam Mo. Ditemukan bahwa daun kering memiliki kandungan mineral berikut: kalsium (3,65%), fosfor (0,3%), magnesium (0,5%), kalium (1,5%), natrium (0,164%), sulfur (0,63%), seng (13,03 mg/kg), tembaga (8,25%), mangan (86,8 mg/kg), zat besi (490 mg/kg) dan selenium (363 mg/kg). Penelitian di Indonesia masih terfokus pada nilai gizi seperti vitamin, protein, karbohidrat, serat, energi dan terbatas hanya pada beberapa nutrisi makro seperti Ca, K dan Fe, dan belum pada kandungan nutrisi mikro. Daun kelor memiliki kandungan nutrisi yang sangat kompleks diantaranya, dalam 100 gram daun kelor segar mengandung 15 g N, 440 mg Ca, 70 mg P, 7 mg Fe, 110 mg Cu, 5.1 mg I, dan 11,300 IU pro-vitamin A, (Makkar and Becker, 1996; Francis, *et al.*, 2015). Menurut Fuglie (2001), ekstrak daun kelor mengandung makronutrien seperti nitrogen (N) 2-4% dari total berat kering, fosfor (P) 0,2-0,4% dari total berat kering, kalium (K) 1-2% dari total berat kering. Menurut Anwar *et.al.*, (2007), Rebusan daun kelor juga mengandung mikronutrien antara lain, besi (Fe), seng (Zn),

tembaga (Cu), mangan (Mn). Rebusan daun kelor mengandung berbagai jenis asam amino esensial seperti, asam glutamat, asam asparat dan asam alanine (Teixeira, *et.al.*, 2014). Menurut Saini *et.al.*, (2016), rebusan daun kelor juga megandung vitamin A, vitamin C dan vitamin D.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perlakuan yang paling optimal untuk meningkatkan kepadatan *Spirulina* sp., yaitu pada wadah perlakuan perlakuan C (25 mL pupuk walne + 75 mL rebusan daun kelor) dengan nilai 391.333 sel/mL.
2. Laju pertumbuhan harian yang terbaik terjadi pada perlakuan D (30 mL pupuk walne + 70 mL rebusan daun kelor) dengan jumlah 0,346 sel/mL.

#### **5.2 Saran**

Disarankan dilakukan penelitian yang lebih signifikan atau penelitian lanjutan untuk menguji perlakuan A (5 mL pupuk walne + 95 mL rebusan daun kelor) dan menguji kandungan nutrisi rebusan daun kelor setiap dosis pada perlakuan, agar dapat menambah literatur

## DAFTAR PUSTAKA

- Adenan, N.S., Yusoff, F.M., Shariff, M. 2013. Effect of Salinity and Temperature on the Growth of Diatoms and Green Algae. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 8(2): 397-404.
- Amri, M.C., Mulyani, dan Eva, A. 2018. Pengaruh Pemberian Pupuk Kascing (bekas cacing) yang Di Fermentasi dengan Dosis yang Berbeda Dalam Kultur *Spirulina* sp. *Acta Aquatic: Aquatic Sciences Journal*, 5(1): 30-35.
- Andersen, R.A. 2005. Algal Culturing Technique. Elsevier Academic Press. UK
- Andriyono, S. 2001. Pengaruh Periode Penyinaran Terhadap Pertumbuhan *Isochrysis galbana* Klon Tahiti. (Skripsi). IPB. Bogor.
- Anggraeni., Utami, E., Mahardika, G.R. 2022. Pengaruh Salinitas terhadap Kepadatan Populasi dan Konsentrasi Klorofil-a *Spirulina* pada Media Kultur Modifikasi Walne dan Air Limbah Budidaya Ikan. *Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*. 07 (2): 112-120. DOI: <https://doi.org/10.33019/ekotonia.v7i2.3729>
- Anggraini, P. 2012. Efek Keterbatasan Nitrat sebagai Sumber Nitrogen pada Medium Walne Terhadap Akumulasi Lipid *Chlorella vulgaris* pada Reaktor Pelat Datar. *Skripsi*. Fakultas Teknik. Univeristas Indonesia. Depok.
- Anwar, F., et al. 2007. *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses. *Phytotherapy Research*, 21(1): 17-25.
- Astiani, F., Dewiyanti, I., Mellisa, S. 2016. Pengaruh Media Kultur yang Berbeda terhadap Laju Pertumbuhan dan Biomassa *Spirulina* sp. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*. 1(3): 441-447.
- Becker, E.W. 1995. Microalgae biotechnology and Microbiology. *Cambrige University Press, New York*.
- Bold, H. C. and Wyne, M. J. 1985. Introduction to the Algae Structure and Reproduction, Second Edition. New Jersey: Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs
- Borowitzka, M.A. 1994. Products from Algae. In S. M. Phang, L. Y. Kun, M. A. Borowitzka, and B. A. Whitton eds. In. Proc. 1st Asia--Pacific Conference on Algal Biotechnology. Kuala Lumpur, Malaysia. University of Malaya.
- Brock, T.D. and Madigan, M.T. 1991. Biology of Microorganism. Sixth ed. Prentice Hall International, Inc: 15-16.

- Brock, T. D. and M. T. Madigan. 2018. *Biology of Microorganisms* 14th Ed.Inc. New Jersey: Prentice-Hall International.
- Brown. M.R., Jeffery, S. W., Volkman, J.K., Dustan, G.A., 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture*. 151: 315-331.
- Budiardi, T., Utomo, N. B. P. dan Santosa, A., 2010. Pertumbuhan dan Kandungan Nutrisi *Spirulina* sp. pada Fotoperiode yang Berbeda. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 9(2): 146-156.
- Busani, M., Julius, P. M., & Voster, M. (2012). Antimicrobial Activities of Moringa Oleivera Lam Leaf ekstrak. *African Journal of Biotechnology* 11(11): 2797-2802.
- Cahyaningsih, S., Subyakto, S. 2009. Kultur Massal *Scenedesmus* sp. sebagai Upaya Penyedia Pakan Rotifera dalam Bentuk Alami Maupun Konsentrat. *Jurnal Ilmiah Perikanan & Kelautan*. 1(2): 143-147.
- Cfferi,O. 1983. *Spirulina*. The edible organism. *American society for microbiology USA*. 47: (4).
- Christwardana, M. dan Hadiyanto, M. M. A. N. 2012. *Spirulina platensis*: potensinya sebagai bahan pangan fungsional. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 21: 56-58.
- Chu, F.E., Dupuy, J.L. dan Webb, K.L. 1982. Polysaccharide Composition of Five Algae Species Used as Food Larvae of the American Oyster, *Crassostrea virginia*. *Aquaculture*. 29: 241-252
- Ciferri, O. 1983. *Spirulina* The Edible Microorganism. *Microbiological Reviews*. American Society for Microbiology. 47(4): 551-578.
- Dewi,S.M., 2018. Pengaruh Perbedaan Salinitas Terhadap Pertumbuhan Biomassa Kultivasi Mikroalga *Spirulina platensis* Pada Skala Semi Outdoor. *Skripsi*. Fakultas Perikanan Dan Kelautan Universitas Riau Pekanbaru.
- Diana. F. Ralumith Sudan Diansyah, S., 2017. Pengendalian jamur *Saprolegnia* sp.pada telur ikan tawes (*Puntius javanicus*) menggunakan ekstrak bunga tahi ayam (*Tegates erecta* L). *Jurnal Perikanan Tropis*. 4(2): 101-113.
- Edhy, W., Pribadi, A. J dan Kurniawan. 2003. Plankton di Lingkungan PT. Central Pertiwi Bahari. Suatu Pendekatan Biologi dan Manajemen Plankton dalam budidaya Udang. Mitra Bahari. Lampung.
- Ekawati, A. W. 2005. Diktat Kuliah Budidaya Pakan Alami. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang
- Fuglie, L. J. 2001. The miracle tree: *Moringa oleifera*. Natural health food products.

- Grobbelaar, J. U. 2004. Algal nutrition: mineral nutrition. In handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology (pp. 95-115). Blackwell Science.
- Hariyati, R. 2008. Pertumbuhan dan Biomasa *Spirulina* sp. dalam Skala Laboratoris. Laboratorium Ekologi dan Biosistematik. Jurusan Biologi. FMIPA. Semarang Universitas Diponegoro, 10(1):19-22
- Haryati, R. 2008. Pertumbuhan dan Biomassa *Spirulina* sp. Skala Laboratorium. Universitas Diponegoro. 10(1): 19-22.
- Hasim, Akram, M., Koniyo, Y. 2022. Kinerja Kepadatan *Spirulina* sp. yang diberi Salinitas Berbeda pada Media Kultur Walne. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. 6(2): 141-152.
- Hecky, R. E., and Kilham, P. 1988. Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments: A review of recent evidence on the effects of enrichment. *Limnology and*, 33(4): 796-822.
- Heryanto, H. 2012. Pengaruh Perbedaan Salinitas Terhadap Biomassa dan Lipid Mikroalga *Spirulina platensis*, FPIK UNDIP, Semarang.
- Hidayati. 2014. Laporan Budiaya Spirulina. EGC : Yogyakarta.
- Kaligis, E. Y. 2015. Kualitas air dan Pertumbuhan Populasi Rotifer *Brachionus rotundiformis* Strain Tumpaan pada Pakan Berbeda. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*, 2(2): 42-48.
- Kebede, E., Ahlgren, G., 1996. Optimum growth conditions and light utilization efficiency of *Spirulina platensis* (*Arthrospira fusiform*) from lake chitu. *Hydrobiology*. 332: 99-109.
- Khoirul, A. A. 2013. *Cyanobacteria* (Alga hijau-biru). Universitas Brawijaya.
- Krisnadi, A Dudi. 2015. Kelor Super Nutrisi. Blora: Pusat Informasi Dan Pengembangan Tanaman Kelor Indonesia.
- Krisnadi, D., 2012. Kelor Super Nutrisi. Blora: Pusat Informasi Dan Pengembangan Tanaman Kelor Indonesia Lembaga Swadaya Masyarakat – Media Peduli Lingkungan (Lsm-Mepeling).
- Liu, Y., Xu, L, N. Cheng, L. J. Lin C. W. dan Zhang. 2000. Inhibitory Effect of Phycocyanin from *Spirulina platensis* on the Growth of Human Leukemia K562 Cells. *Journal of Applied Phycology*. 12(2): 125-130.
- Makkar, H. P.S., and K. Becker. 1996. Nutritional Value and Antinutritional Components of Whole and Ethanol Extracted *Moringa oleifera*. *Animal Feed Science Technology* 63 (1996): 211-228.

- Makkar, H. P. S., Becker, K., Abel, H. & Sporer, F. 2007. Nutritional evaluation of leaf biomass of *Moringa oleifera*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21): 8594-8601.
- Marthia, N. 2020. Pengaruh Jenis Media Kultur Terhadap Konsentrasi Bomassa *Nannochloropsis* sp. *Pasundan Food Technology Journal (PFTJ)*, 7(3): 97-101.
- Misra, S., & Misra, M.K. (2014). Nutritional evaluation of some leafy vegetable used by the tribal and rural people of south Odisha, India. *Journal of Natural Product and Plant Resources*, 4: 23-28.
- Muliani, M., Ayuzar, E. dan Amri, M. 2018. Pengaruh Pemberian Pupuk Kascing (Bekas Cacing) yang Difermentasi dengan Dosis yang Berbeda dalam Kultur *Spirulina* sp. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*. 5(1): 30-35.
- Musa, B., I. Raya, dan S. Dali. 2013. Pengaruh Penambahan Ion Cu<sup>2+</sup> terhadap Laju Pertumbuhan Fitoplankton *Chlorella vulgaris*. Penelitian. Fakultas MIPA. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Mustofa, A. 2015. Kandungan Nitrat dan Pospat sebagai Faktor Tingkat Kesuburan Perairan Pantai. *Jurnal Disprotek* 6: 1.
- Mutiah, E., Khoirunisa, E., 2013. Proses kultivasi *Spirulina platnesis* menggunakan pome (limbah pabrik kelapa sawit) sebagai media kultur dalam raceway open pond bioreactor. *Jurnal online mahasiswa (JOM)* Universitas Riau. 2(2): 192-197.
- Novrina, R. 2003. Teknik Kultur *Nannochloropsis* sp. di Balai Budidaya Lampung. Universitas Lampung: Lampung PT. Songgolangit Persada. 2011. EM4. PT. Songgolangit Persada. Jakarta
- Nurlina. 2018. Penerapan asuhan keperawatan pada pasien Ny. Y dengan gagal ginjal kronik dalam pemenuhan kebutuhan cairan dan elektrolit di ruang hemodialisa RSUD labuang baji Makassar. *Jurnal medika keperawatan*. 9(2): 151-159
- Pramedistian, AA. 2019. Pengaruh Perbedaan Salinitas Terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp. Pada Skala Laboratorium. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Pramedistian, AA. 2019. Pengaruh Perbedaan Salinitas Terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp. Pada Skala Laboratorium. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Prasetyo, B. dan Kusumaningrum, N. E. 2010. Penentuan Jenis *Spirulina* sp. Di Situ Babakan, Jagakarsa, Jakarta Selatan. Lembaga Penelitian Universitas Terbuka. Jakarta Selatan. 25

- Putri, D.S.& Alaa, S. 2019. The Growth Comparison of *Haematococcus pluvialis* in Two Different Medium. *Biota*, 12(12): 90-97.
- Rangkuti, PM., Suyono, EA. 2021. Pengaruh Salinitas Terhadap Kontaminasi, Pertumbuhan, dan Kandungan Metabolit Kultur Massal Spirulina (*Arthrospira platensis gomont*). *Thesis*. Universitas Gadjah Mada.
- Ravelonandro, P., Ratianarivo, D., Joannis-Cassan, C., Isambert, A., Raherimandimby, M. 2011. Improvement of the growth of *Arthrospira (Spirulina platensis)* from Toliara (Madagascar): Effect of agitation, salinity and CO<sub>2</sub> addition. *Food and Bioproducts Processing*. 89(3): 209-216. Doi.org/10.1016/j.fbp.2010. 04.009
- Richmond, A. 2004. *Microalgal Culture*. 566. Richmond, A. 1998. *Spirulina*. In M.A. Borowitzka, eds. *Micro-algal Biotechnology* Cambridge, Cambridge University Press. 85-121
- Robi, N. 2014. Pemanfaatan Ekstrak Tauge Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus*) sebagai Pupuk untuk Meningkatkan Populasi *Spirulina* sp. *Skripsi*. S-1 Budidaya Perairan.
- Rusyani, E. 2001. Pengaruh Dosis Zeolit yang Berbeda terhadap Pertumbuhan *Isochrysis galbana* Klon Tahiti Skala Laboratorium dalam Media Komersial. *Skripsi*. Program Studi Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan & Ilmu Kelautan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Reynolds, C. S. 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press.
- Rezza. M. 2011. Laju Pertumbuhan Mikroalga Penghasil Biofuel Jenis *Chlorella* sp. dan *Nannochloropsis* sp. yang Dikultivasi Menggunakan Air Limbah Hasil Penambangan Timah di Pulau Bangka. *Skripsi*. IPB. Bogor.
- Saini, R. K., *et al.*, 2016.  $\beta$ -Carotene and other carotenoids in *Moringa oleifera* leaves. *Journal of Food Science*, 81(5): 1288-1296.
- Sánchez, M., Bernal-Castillo, J., Rozo, C., & Rodríguez, I. (2003). *Spirulina (arthrospira)*: an edible microorganism: a review. *Universitas Scientiarum*, 8(1): 7– 24
- Sitompul, S. 2014. Analisis Asam Amino dalam Tepung Ikan dan Bungkil Kedelai. *Buletin Teknik Pertanian*, (9): 33-37.
- Soetan, K. O., & Oyewole, O. E. 2009. The need for adequate processing to reduce the anti-nutritional factors in plants used as human food and animal feeds:a review. *African Journal Food Science*, 3(9): 223-232.

- Suantika, G., & Hendrawandi, D. 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): 1-10.
- Suryati, T. 2002. Pelayaran Kebangsaan bagi Ilmuwan Muda (plankton). Jakarta: Direktorat Kelembagaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional bekerja sama dengan Pusat Penelitian Oseanografi. LIPI
- Sutomo. 2005. Kultur Tiga Jenis Mikroalga (*Tetraselmis* sp., *Chlorella* sp. dan *Chaetocerosgracilis*) dan Pengaruh Kepadatan Awal terhadap Pertumbuhan *C. gracilis* di Laboratorium. *Oseanologi dan Limnologi*. 37: 43-58.
- Tambunan, L. A., Yuniar. I., Trisyani, N. 2022. Kultur pertumbuhan mikroalga *Spirulina* sp. Pada media asam, netral dan alkaline skala laboratorium . *Fisheries*, 4(1): 28-37.
- Tilong, A.D. 2012. Ternyata Kelor Penakluk Diabetes. Yogyakarta: Diva Press.
- Tokusoglu, O., dan M. K. Uunal. 2006. Biomass Nutrient Profile of Three Microalgae: *spirulina* sp., *Spirulina Platensis*, *Chlorella vulgaris* and *Isochrisis Galbana*. *Journal Food Sci*. 86 (4): 1144 -1148.
- Utami, R. A. 2014. Pengaruh Pemberian Konsentrasi pupuk Daun Turi Putih (*Sesbania grandiflora*) terhadap Kandungan Klorofil dan Karotenoid pada *Chlorella* sp. *Skripsi*. Surabaya. Universitas Airlangga
- Utami, B. L., 2011. Fisiologi Tumbuhan II untuk Mahasiswa Biologi FMIPA dan Pendidikan Biologi. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan.
- Utomo, N., Winarti. dan Erlina, A. 2005. Pertumbuhan *Spirulina platensis* yang dikultur dengan Pupuk Inorganik (urea, TSP dan ZA) dan Kotoran Ayam. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 4(1): 41-48.
- Vonshak, A., and T. Lukavsky. 2004. *Arthospira* (Spirulina): *Systematics Ecology of Cyanobacteria*. Kluwer Academic and Ecophysiology. In: Whitton, A., Potts, M., Eds. The Publishers. Netherlands. 505-522.
- Wicaksono, G. 2014. Pengaruh Pemberian Spektrum Cahaya Berbeda terhadap Kandungan Klorofil *Spirulina* sp. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Surabaya.
- Winasis. 2011. Peningkatan produksi biomassa *Chlorella vulgaris* dengan perlakuan mikrofiltrasi pada sirkulasi aliran medium kultur sebagai bahan baku biodiesel. *Skripsi* pada fakultas teknik departemen teknik kimia universitas indonesi. Tidak diterbitkan.

- Wulandari, N. D. A. 2011. Penggunaan Media Alternative pada Produksi *Spirulina fosiformis*. *Skripsi*. Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institute Pertanian Bogor
- Zainuddin, M., N. Hamid, L. Mudiarti, N. Kursistyanto, dan B. Aryono. 2017. Pengaruh Media Hiposalin Dan Hipersalin Terhadap Respon Pertumbuhan dan Biopigmen *Dunaliella salina*. *Jurnal Enggano* 2(1): 46-57