

SKRIPSI

**PENGARUH PEMBERIAN SPEKTRUM CAHAYA YANG BERBEDA
TERHADAP KANDUNGAN KLOOROFIL *Spirulina* sp.**



Oleh :

GANTHENG WICAKSONO
SIDOARJO – JAWA TIMUR

**FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2014**

Surat Pernyataan Keaslian Karya Tulis Skripsi

Yang bertanda tangan di bawah ini :

N a m a : Gantheng Wicaksono
N I M : 141011079
Tempat, tanggal lahir : Tulungagung, 22 Januari 1992
Alamat : Jl. Kemuning 4 RT.12 RW. 5 Candi, Sidoarjo.
Telp./HP : 085745635356
Judul Skripsi : Pengaruh Pemberian Spektrum Cahaya Berbeda terhadap Kandungan Klorofil *Spirulina* sp.
Pembimbing : 1. Dr. Endang Dewi Masithah, Ir., MP.,
2. Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si., Ph.D

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa hasil tulisan laporan Skripsi yang saya buat adalah murni hasil karya saya sendiri (bukan plagiat) yang berasal dari Dana Penelitian : Proyek Dosen. Di dalam skripsi / karya tulis ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan atau gagasan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang saya aku seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri tanpa memberikan pengakuan pada penulis aslinya, serta kami bersedia :

1. Dipublikasikan dalam Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga;
2. Memberikan ijin untuk mengganti susunan penulis pada hasil tulisan skripsi / karya tulis saya ini sesuai dengan peranan pembimbing skripsi;
3. Diberikan sanksi akademik yang berlaku di Universitas Airlangga, termasuk pencabutan gelar kesarjanaan yang telah saya peroleh (sebagaimana diatur di dalam Pedoman Pendidikan Unair 2010/2011 Bab. XI pasal 38 – 42), apabila dikemudian hari terbukti bahwa saya ternyata melakukan tindakan menyalin atau meniru tulisan orang lain yang seolah-olah hasil pemikiran saya sendiri

Demikian surat pernyataan yang saya buat ini tanpa ada unsur paksaan dari siapapun dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 1 Juli 2014
Yang membuat pernyataan,

Gantheng Wicaksono
NIM. 141011079

**PENGARUH PEMBERIAN SPEKTRUM CAHAYA YANG BERBEDA
TERHADAP KANDUNGAN KLOROFIL *Spirulina* sp.**

Oleh :

GANTHENG WICAKSONO
NIM. 141011079

Menyetujui,

Komisi Pembimbing

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua

Dr. Endang Dewi Masithah, Ir., MP.
Ph.D
NIP. 19690912 199702 2 001

Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si.,
NIP. 19700116 199503 1 002

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Perikanan dan Kelautan
Universitas Airlangga

Prof. Dr. Hj. Sri Subekti, DEA., drh.
NIP. 19520517 197803 2 001

SKRIPSI

**PENGARUH PEMBERIAN SPEKTRUM CAHAYA YANG BERBEDA
TERHADAP KANDUNGAN KLOROFIL *Spirulina* sp.**

Oleh :

GANTHENG WICAKSONO

NIM : 141011079

Telah diujikan pada
Tanggal : 25 Juni 2014

KOMISI PENGUJI SKRIPSI

Ketua : Boedi Setya Rahardja, Ir., MP.
Anggota : Kustiawan Tri Pursetyo, S.Pi., M.Vet
Dr. Endang Dewi Masithah, Ir., MP.
Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si., Ph.D.

Surabaya, 25 Juni 2014

Fakultas Perikanan dan Kelautan
Universitas Airlangga
Dekan,

Prof. Dr. Hj. Sri Subekti, drh., DEA
NIP.19520517 197803 2 001

RINGKASAN

GANTHENG WICAKSONO. Pengaruh Pemberian Spektrum Cahaya Berbeda Terhadap Kandungan Klorofil *Spirulina* sp. Dosen Pembimbing Dr. Endang Dewi Masithah, Ir., MP. dan Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si., Ph.D

Spirulina sp. merupakan salah satu fitoplankton yang sering dipakai untuk pembenihan karena kandungan klorofil yang tinggi. Semakin tinggi nutrisi dari *Spirulina* sp yang dikultur akan semakin meningkatkan kualitas benih, untuk itu perlunya bibit mikroalga dengan kualitas tinggi juga sangat diperlukan. Salah satu cara meningkatkan kandungan klorofil *Spirulina* sp. adalah memberikan spektrum cahaya spesifik yaitu biru dan merah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian spektrum cahaya berbeda terhadap kandungan klorofil *Spirulina* sp. tiap sel. Rancangan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang diberikan adalah kultur *Spirulina* sp. dengan spektrum biru, spektrum merah dan spektrum putih dengan enam ulangan pada setiap perlakuan. Analisis data menggunakan Analisis Varian (ANOVA) dan dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan klorofil-a dan klorofil-b tiap sel setelah pemberian spektrum merah tidak berbeda nyata dengan kultur *Spirulina* sp memakai spektrum putih. Akan tetapi kandungan klorofil-a tiap sel tertinggi didapat pada pemberian spektrum merah $8,6165 \times 10^{-6}$ $\mu\text{mol/sel}$ dan kandungan klorofil-b tiap sel $13,828 \times 10^{-6}$ $\mu\text{mol/sel}$. Kemampuan spektrum merah untuk meningkatkan kandungan klorofil *Spirulina* sp. tiap sel lebih tinggi dari pada pemberian spektrum biru dan spektrum putih, akan tetapi perlu dilakukan uji lanjut mengenai intensitas spektrum merah yang dapat mengoptimalkan kandungan klorofil-a dan klorofil-b *Spirulina* sp. tiap sel

SUMMARY

GANTHENG WICAKSONO. The Effect From Different Light Spectrum for Chlorophyll Amount of *Spirulina* sp. Academic Advisors Endang Dewi Masithah, Ir., MP. and Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si., Ph.D

Spirulina sp. is one phytoplankton use for hatchery because the chlorophyll amount is higher than another phytoplankton. Higher nutrition in *Spirulina* sp. culture will increase the fish quality, so high quality phytoplankton seed is needed. One way to increase the chlorophyll amount from *Spirulina* sp. is using specific light spectrum that is red spectrum and blue spectrum.

The purpose from this research is to understand the effect from different light spectrum for chlorophyll amount of *Spirulina* sp. each cell. There are 3 treatment given, *Spirulina* sp. culture with blue spectrum, *Spirulina* sp. culture with red spectrum and *Spirulina* sp. culture with blue spectrum each treatment have 6 repetition. Data analyzes using Analysis of Variants (ANOVA) and followed by Duncan's Multiple Range Test to determine differences between treatments.

Result from this research showed chlorophyll-a and chlorophyll-b amount each cell in red spectrum is higher than another treatment, but not significant with white spectrum. Chlorophyll-a amount in red spectrum each cell is $8,6165 \times 10^{-6}$ $\mu\text{mol}/\text{cell}$ and chlorophyll-b each cell in red spectrum is $13,828 \times 10^{-6}$ $\mu\text{mol}/\text{cell}$. Effect from red spectrum for increase chlorophyll amount is higher than another treatment but need further research about red spectrum intensity to optimize the chlorophyll-a and chlorophyll-b amount each cell from *Spirulina* sp.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya Skripsi tentang Pengaruh Pemberian Spektrum Cahaya yang Berbeda terhadap Kandungan Klorofil *Spirulina* sp. dapat terselesaikan. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana Perikanan pada Program Studi S-1 Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini tidak luput dari kesalahan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan Skripsi ini. Penulis berharap semoga Karya Ilmiah ini bermanfaat dan dapat memberikan informasi kepada semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 3 Juni 2014

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Hj. Sri Subekti, drh., DEA., Dekan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya;
2. Dr. Endang Dewi Masithah, Ir., MP. sebagai pembimbing skripsi pertama yang memberikan banyak bimbingan, arahan dan ilmunya sejak penyusunan usulan hingga selesainya penyusunan Skripsi.
3. Bapak Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si., Ph.D. sebagai pembimbing kedua dan dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan nasehat dalam hal akademik maupun *non* akademik serta banyak bimbingan, arahan dan ilmunya sejak penyusunan usulan hingga selesainya penyusunan Skripsi.
4. Bapak Agustono, Ir., M.Kes selaku koordinator skripsi yang memberikan arahan untuk kelancaran skripsi ini;
5. Bapak Boedi Setya Rahardja, Ir., MP., Bapak Sapto Andriyono, S.Pi., MT dan Bapak Kustiawan Tri Pursetyo S.Pi, M. Vet. dosen penguji yang telah memberikan evaluasi dan arahan hingga selesainya Skripsi ini;
6. Keluarga tercinta, ibu Artin Endy Hayati, bapak Gembong Hardadi dan adik Algan yang telah memberikan doa, dukungan, motivasi dan semangat tiada henti
7. Rekan-rekan terbaik sekaligus saudara seperjuangan Deriva, Dyo, Ayu, Ajeng, Ardhito, Andy, Dita, Kiki, Uly dan keluarga besar Piranha 2010.
8. Semua pihak yang telah membantu sehingga Skripsi ini bisa terselesaikan.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan rahmat-Nya dan membalas segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Surabaya, 25 Juni 2014

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	v
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Balakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Spirulina</i> sp.	4
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi <i>Spirulina</i> sp	4
2.1.2 Siklus Hidup	5
2.1.3 Kandungan Nutrisi <i>Spirulina</i> sp	6
2.1.4 Kultur <i>Spirulina</i> sp.....	7
2.2 Klorofil <i>Spirulina</i> sp	8
2.2.1 Faktor Sintesis Klorofil.....	10
2.3 Proses fotosintesis	12
2.4 Cahaya	13
III KERANGKA KONSEPTUAL PENELITIAN DAN HIPOTESIS	16
3.1 Kerangka Konseptual Penelitian	16
3.2 Hipotesis	18

IV	METODOLOGI PENELITIAN	19
	4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
	4.2 Bahan dan Alat Penelitian	19
	4.3 Metode Penelitian	19
	4.4 Prosedur Kerja	20
	4.4.1 Persiapan Media Kultur	20
	4.4.2 Lingkungan Kultur	20
	4.4.3 Perhitungan Klorofil	21
	4.5 Parameter Penelitian	22
	4.5.1 Parameter Utama	22
	4.5.2 Parameter Pendukung	22
	4.6 Analisis Data	23
V	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
	5.1 Hasil	25
	5.1.1 Kandungan Klorofil-a <i>Spirulina</i> sp.....	25
	5.1.2 Kandungan Klorofil-b <i>Spirulina</i> sp	26
	5.1.3 Kepadatan Populasi <i>Spirulina</i> sp	27
	5.1.4 Kualitas Air	29
	5.2 Pembahasan.....	30
VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
	6.1 Kesimpulan	34
	6.2 Saran	34
	DAFTAR PUSTAKA	35
	LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan klorofil-a <i>Spirulina</i> sp.....	25
2. Kandungan klorofil-b <i>Spirulina</i> sp	26
3. Kepadatan sel <i>Spirulina</i> sp	27
4. Tabel kualitas air	29

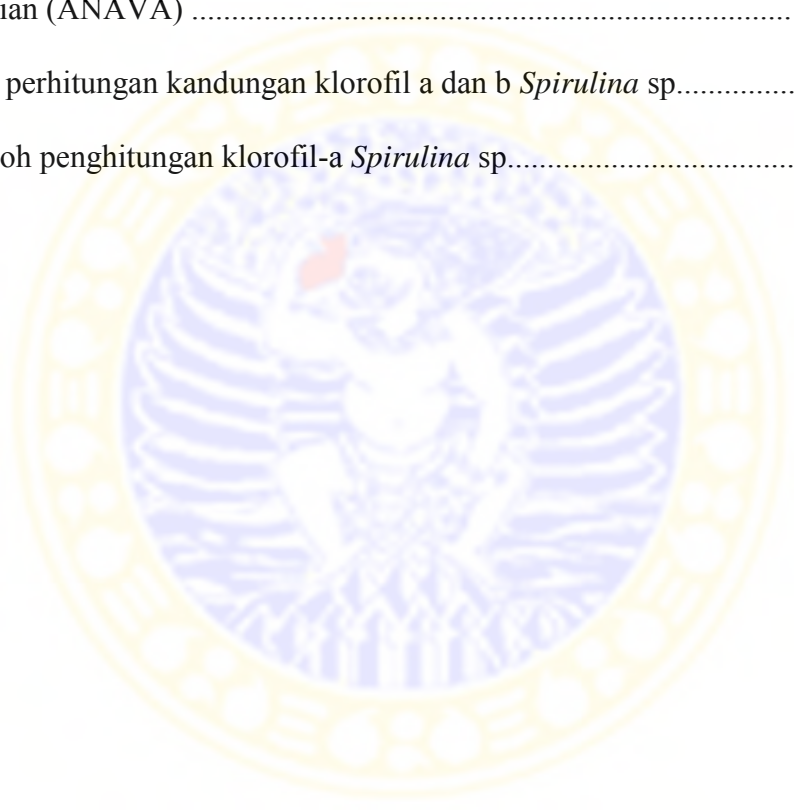


DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi <i>Spirulina</i> sp	4
2. Siklus hidup <i>Spirulina</i> sp	6
3. Fase pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp.....	7
4. Spektrum warna cahaya tampak panjang gelombang 400-700 nm.	14
5. Kemampuan klorofil a, b dan c dalam menyerap cahaya	15
6. Bagan kerangka konseptual penelitian.....	18
7. Diagram alir penelitian.....	24
8. Grafik rata-rata pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp.	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Proses biosintesis klorofil	38
2. Analisis statistik klorofil-a <i>Spirulina</i> sp. menggunakan Analisis Varians (ANOVA)	39
3. Analisis statistik klorofil-b <i>Spirulina</i> sp. menggunakan Analisis Varians (ANOVA)	40
4. Data perhitungan kandungan klorofil a dan b <i>Spirulina</i> sp.....	41
5. Contoh penghitungan klorofil-a <i>Spirulina</i> sp.....	43



I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroalga dalam bidang akuakultur pada umumnya telah dikenal sebagai pakan alami untuk pembenihan ikan karena perannya sebagai produsen primer di perairan (Riyono, 2007). Semakin tinggi nutrisi dari mikroalga yang dikultur akan semakin meningkatkan kualitas benih, sehingga kebutuhan bibit mikroalga dengan kualitas tinggi juga sangat diperlukan.

Berdasarkan Kurniawan dkk. (2010) *Spirulina* sp. merupakan salah satu organisme yang dimanfaatkan karena memiliki kandungan klorofil dua kali lebih tinggi dari tumbuhan alfalfa yang lebih dahulu di eksplorasi klorofilnya. Menurut Limantara (2007) dalam Setiari dan Nurchayanti (2009) klorofil atau pigmen utama tumbuhan banyak dimanfaatkan sebagai *food suplement* yang berguna untuk membantu mengoptimalkan fungsi metabolik, sistem imunitas, detoksifikasi, meredakan radang (inflamatorik) dan menyeimbangkan sistem hormonal.

Salah satu faktor utama pertumbuhan klorofil pada *Spirulina* sp. adalah cahaya, yang meliputi intensitas, kualitas spektrum dan fotoperiode. Intensitas cahaya berperan sangat penting, tetapi kebutuhan intensitasnya tergantung dari jenis alga yang dikultur dan kepadatan alga yang dikultur (Barsanty and Gualtieri, 2006). Warna cahaya juga memiliki peranan penting dalam proses fotosintesis, karena selama proses fotosintesis klorofil akan meneruskan warna cahaya yang spesifik yaitu sebagian besar spektrum biru 450-475 nm dan spektrum merah dengan panjang gelombang 630-675nm (Richmond, 2004). Menurut Rivkin

(1989) warna cahaya merah dan biru dapat meningkatkan klorofil-a dan protein dari *Dunaliella* dan *Thalassiosira*. Cahaya biru juga dapat meningkatkan kandungan klorofil-a dari *Nitzschia* sp. dibanding pemberian cahaya putih (Mecardo *et al.*, 2004)

Klorofil memiliki banyak manfaat bagi pembenihan ikan, untuk itu perlu upaya untuk meningkatkan kandungan klorofil tiap sel agar didapat hasil yang optimal selama kultur *Spirulina* sp.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah pemberian spektrum cahaya yang berbeda dapat memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kandungan klorofil tiap sel *Spirulina* sp.?
2. Spektrum cahaya apa yang paling optimal untuk pembentukan klorofil tiap sel pada *Spirulina* sp.?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh pemberian spektrum cahaya terhadap kandungan klorofil *Spirulina* sp. tiap selnya.
2. Untuk mengetahui spektrum cahaya apa yang dapat meningkatkan kandungan klorofil tiap sel *Spirulina* sp. secara optimal.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi ilmiah bagi ilmuwan, mahasiswa dan para pembudidaya tentang efek Spektrum cahaya terhadap peningkatan kandungan klorofil *Spirulina* sp. tiap selnya.



II TINJAUAN PUSATAKA

2.1 *Spirulina* sp.

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi *Spirulina* sp.

Menurut Bold dan Wyne (1978) klasifikasi dari *Spirulina* sp. adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Protista
Phylum	: Cyanobacteria
Division	: Cyanophyta
Class	: Cyanophyceae
Ordo	: Nostocales
Familly	: Oscillatoriaceae
Genus	: <i>Spirulina</i>
Species	: <i>Spirulina</i> sp.



Gambar 1. Morfologi *Spirulina* (Howell, 2010).

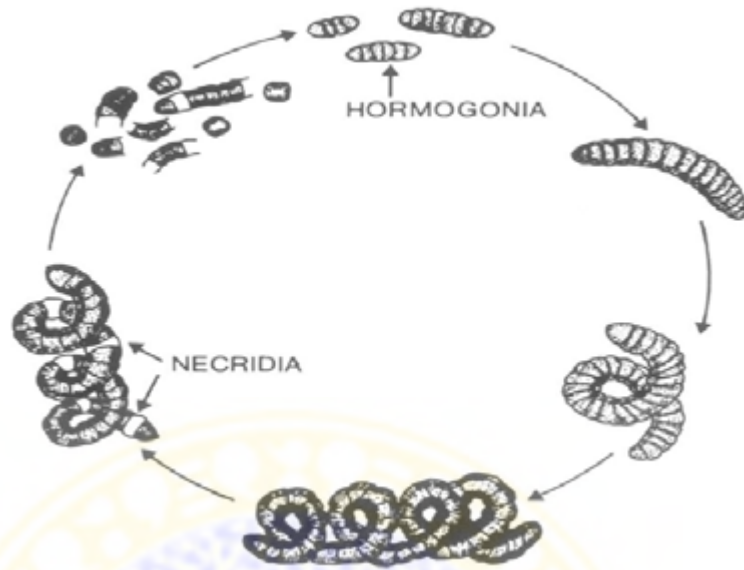
Mikroalga ini merupakan mikroorganisme multiseluler. Pengamatan dengan mikroskop akan terlihat sebagai filamen-filamen berwarna hijau biru yang terbentuk dari sel-sel bersilinder dengan diameter 1-2 μm , tidak bercabang dan berstruktur *trichoma helix*. *Spirulina* sp. memiliki bentuk helix dan trikoma berbeda-beda tergantung pada spesies dan kondisi lingkungannya (Richmond, 2004).

Filamen-filamen bersifat mortal, melayang-layang sepanjang aksisnya dan tidak memiliki heterosit. Ukuran selnya relatif besar, yaitu 110 μm sehingga mudah dalam memanennya dengan menggunakan kertas saring (Permatasari, 2011). *Spirulina* sp. termasuk dalam kelas Cyanophyceae, dimana mikroalga dalam kelas ini merupakan mikroorganisme yang digolongkan sebagai protista yang dapat melakukan fotosintesis dengan menghasilkan oksigen. Menurut Richmond (2004) struktur sel dari *Spirulina* sp. seperti kebanyakan umumnya Cyanobacteria, sel gram negatif yang terdiri dari 4 lapisan dengan struktur utamanya yang tersusun dari peptidoglikan.

Spirulina sp. memiliki pigmen berwarna hijau cerah dengan trikoma hijau-biru sedikit berkerut pada dinding selnya membentuk spiral yang teratur. Menurut Richmond (1987) dalam Permatasari (2011) belokan spiral pada *Spirulina* sp. memiliki lebar 26-36 μm dan jaraknya 43-57 μm , ujung trikoma tidak atau hampir meruncingkan dan sel-sel ujung berbentuk bulat, dimana sel-sel trikoma memiliki lebar 6-8 μm dan panjang 2-6 μm .

2.1.2 Siklus Hidup

Siklus hidup *Spirulina* sp. sangat sederhana, reproduksi terjadi karena fragmentasi dari trikoma yang telah matang dan menjadi segmen yang lebih kecil yang disebut *necridia* dan akhirnya akan memisah dengan pembelahan biner. *Necridia* yang telah memisah akan bertambah panjang yang disebut fase *hormogonia* dan akan memanjang sepanjang sumbu trikoma dan menjadi bentuk heliks (Ciferri, 1983 dalam Richmond 2004; Ali and Saleh, 2012). Siklus hidup *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Siklus hidup *Spirulina* sp. (Ali and Saleh, 2012)..

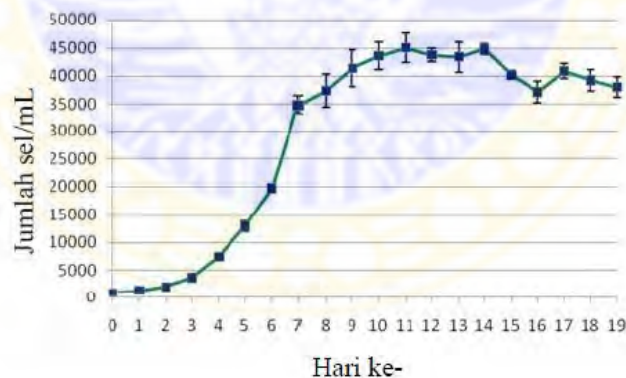
2.1.3 Kandungan Nutrisi *Spirulina* sp.

Spirulina sp. berasal dari golongan Cyanophyta atau alga hijau biru yang memiliki kandungan protein cukup tinggi yaitu 53-62%, karbohidrat 17-25% dan lemak 4-6% (Susanna dkk. 2007). Kandungan mineral juga lengkap seperti Kalsium, Magnesium, Besi, Fosfor, Potassium, Sodium dan Mangan. Menurut Moorhead and Capelli (2011) kandungan asam amino esensial cukup lengkap dengan kandungan leusin yang paling tinggi 8,15%. Asam amino non-esensial glutamic acid hingga 15%. Kandungan vitamin yang dimiliki juga cukup kompleks seperti vitamin B1, B2, B3, B6, B9, B12, Vitamin C, Vitamin D dan Vitamin E dengan kandungan betakaroten yang cukup tinggi mencapai 11,250 IU (Susanna dkk. 2007).

2.1.4 Kultur *Spirulina* sp.

Menurut Hariati (2008) *Spirulina* sp. dapat tumbuh maksimal pada suhu antara 20-30 °C dengan salinitas yang optimal berkisar antara 15-20 ppt. pH maksimal pada 8,5-9. Kultur *Spirulina* sp. pada pH yang tinggi memudahkan untuk dikultur secara massal karena pada pH >9 sebagian besar bakteri sulit untuk berkembang (Richmond, 2004). Pertumbuhan sel ditandai dengan bertambah pekatnya warna hijau kultur pada media dan bertambah tingginya nilai absorban. Kultivasi *Spirulina* sp. dapat tumbuh dengan intensitas cahaya 4000 lux dengan bantuan lampu TL (*Tube Lamp*) (Kabinawa, 2006).

. Kultivasi mikroalga pada media yang terbatas terdiri dari beberapa fase pertumbuhan. Fase pertumbuhan tersebut meliputi fase lag, fase eksponensial, fase penurunan laju pertumbuhan, fase stasioner dan fase kematian (Fogg, 1975). Grafik pertumbuhan *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Fase pertumbuhan *Spirulina* sp. (Suantika dan Hendrawandi, 2009).

Fase lag ditandai dengan peningkatan populasi yang tidak terlalu nyata. Fase ini juga disebut dengan fase adaptasi karena sel mikroalga sedang beradaptasi terhadap media pertumbuhannya. Menurut Hariati (2008) fase lag pada *Spirulina* sp. terjadi pada hari pertama kultur. Fase selanjutnya adalah fase

eksponensial yang terjadi pada hari ke dua hingga hari kelima yang ditandai dengan tingginya laju pertumbuhan (Suantika dan Hendrawandi, 2009). Hal ini terjadi karena mikroalga sedang aktif membelah (Fogg, 1975).

Kultur pada hari keenam dan ketujuh kandungan nutrisi mulai berkurang sehingga mulai mengalami penurunan laju pertumbuhan yang disebut sebagai fase deklinasi (Hariati, 2008). Menurut Diharmi (2001) dalam Bustaman (2011) berkurangnya nitrogen dan fosfat, menurunnya konsentrasi CO₂ dan O₂, serta kenaikan pH medium menjadi faktor dalam penurunan laju pertumbuhan pada fase ini. Dua tahap selanjutnya dalam fase pertumbuhan mikroalga adalah fase stasioner dan kematian. Fase stasioner, pada fase ini penambahan jumlah populasi seimbang dengan laju kematian sehingga seperti tidak ada penambahan populasi. Pertumbuhan sel yang baru juga dihambat dengan keberadaan sel mati telah mati dan faktor pembatas lainnya (Fogg, 1975). Fase kematian ditandai dengan penurunan produksi biomasa karena kematian dan sel lisis (Vonshak and Richmond, 1988).

2.2 Klorofil *Spirulina* sp.

Pigmen atau zat warna pada tumbuh-tumbuhan tingkat tinggi pada umumnya terdapat dalam sel-sel jaringan meristem yang dalam perkembangannya akan membentuk *chloroplast* ataupun *chromoplast*. *Chloroplast* tersusun dari stroma yang diliputi selaput membran, di dalamnya tersebar granula kecil yang mengandung pigmen yang disebut klorofil (Campbell dkk., 2002).

Klorofil mempunyai peranan yang penting dalam proses fotosintesis. Proses fotosintesis merupakan reaksi berantai yang amat panjang dan kompleks.

Proses ini tidak dapat dilakukan secara *in-vitro* dengan menggunakan larutan klorofil ataupun dengan menggunakan *chloroplast* yang telah diisolir dari sel (Riyono, 2007). Fungsi utama klorofil dalam proses fotosintesis adalah sebagai katalisator dan menyerap energi cahaya (*kinetic energy*) yang akan digunakan dalam proses tersebut (Strickland, 1960 *dalam* Riyono, 2007).

Klorofil juga merangsang pembentukan darah karena menyediakan bahan dasar dari pembentuk haemoglobin. Peran ini disebabkan karena struktur klorofil yang menyerupai hemoglobin darah dengan perbedaan pada atom penyusun inti dari cincin porfirinnya (Setiari dan Nurchayanti, 2009).

Klorofil-a, -b dan -c tidak dapat larut dalam air, tetapi dapat larut dalam berbagai jenis pelarut organik. Klorofil-a mudah larut dalam ethyl-alkohol, ethyl ether, aceton, chloroform dan carbon-bisulfide. Sedangkan klorofil-b dan -c, dapat larut dalam pelarut yang sama meskipun tidak semudah klorofil-a (Riyono,2007). Menurut Rastogi dan Dwivedi (2007) Klorofil-a dan -b mempunyai komposisi yang hampir sama, komposisi klorofil-a adalah $C_{55}H_{72}O_5H_4Mg$ sedangkan klorofil-b adalah $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$.

Berdasarkan Taiz dan Zeiger (2010) biosintesis klorofil dimulai dari terbentuknya glutamic acid yang akan di ubah menjadi 5-aminolevulinic acid (ALA), kemudian dua molekul ALA tersebut akan bergabung dan menjadi porphobilinogen (PBG). Tahap selanjutnya empat molekul PBG akan menjadi satu dan membentuk protoporphyrin IX. Magnesium kemudian ditambahkan di pusat molekul protophyrin IX menjadi monovinyl protochlorophyllide-a. Penambahan NADP, cahaya matahari dan protochlorophyllide oxidoreductase

akan merombak salah satu cincin agar dapat ditempel *phytol tail* sehingga akan terbentuk klorofil. Secara singkat proses biosintesis terbentuknya klorofil dapat dilihat pada Lampiran 1.

2.2.1 Faktor-faktor Sintesis Klorofil

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi sintesis klorofil, kurangnya salah satu unsur ini nanti akan berpengaruh terhadap sintesis klorofil. Berdasarkan Riyono (2007) faktor yang mempengaruhi sintesis klorofil antara lain :

A. Faktor genetik

Faktor-faktor genetik tertentu antara lain sifat-sifat penurunan warna (pigmen), kemampuan adaptasi terhadap lingkungan dan lain-lain diperlukan untuk memungkinkan terjadinya sintesa klorofil. Faktor-faktor genetik tersebut tidak sama untuk semua jenis fitoplankton,

B. Cahaya

Cahaya dibutuhkan untuk pembentukan klorofil pada tumbuhan tingkat tinggi contoh pada Angiospermae (tumbuhan berbunga). Pada alga dan beberapa jenis tumbuhan lainnya sintesa klorofil dapat terjadi baik dalam gelap maupun terang. Untuk sintesa klorofil yang efektif umumnya diperlukan intensitas cahaya yang relatif rendah. Cahaya yang intensitasnya terlalu kuat akan merusak klorofil dalam reaksi yang disebut photo oxidation.

C. Nitrogen

Nitrogen merupakan bagian dari molekul klorofil, maka tidak mengherankan bila defisiensi unsur ini akan menghambat pembentukan klorofil. Nitrogen merupakan kebutuhan pokok bagi seluruh organisme terutama fitoplankton untuk tumbuh dan berkembang.

D. Magnesium

Magnesium (Mg) adalah satu-satunya unsur logam yang merupakan komponen utama, karena merupakan atom pusat dari klorofil dan defisiensinya akan menghambat. Magnesium dengan karbonat akan membentuk senyawaan magnesium-carbonate ($MgCO_3$) yang berfungsi untuk mencegah terjadinya pengasaman, sehingga dapat memecahkan klorofil dengan pembentukan phaeophytin.

E. Besi

Unsur besi (Fe) merupakan unsur yang esensial untuk pembentukan klorofil meskipun besi sendiri tidak merupakan bagian dari molekul klorofil (sebagai katalisator).

F. Nutrien

Semua organisme di perairan membutuhkan nutrien dalam jumlah yang berbeda-beda untuk pertumbuhan dan reproduksinya. Fitoplankton membutuhkan nutrien untuk melangsungkan aktivitas fotosintesis, terutama nitrat, fosfat dan silikat sebagai makro nutrien dan nutrien-nutrien lain dalam jumlah yang relatif kecil (mikro nutrien) seperti Fe, Mn, Cu, Zn, Ba, Na, Mo, Cl dan Co.

2.3 Proses Fotosintesis

Fotosintesis adalah proses untuk memproduksi gula (karbohidrat) pada tumbuhan, beberapa bakteri dan organisme non essential (seperti jamur dan protozoa) dengan menggunakan energi matahari. Energi tersebut akan dikonversi ke dalam bentuk ATP sehingga dapat digunakan seluruhnya oleh organisme tersebut (Utomo, 2007). Proses fotosintesis sendiri terbagi menjadi dua bagian, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap.

2.3.1 Reaksi Terang

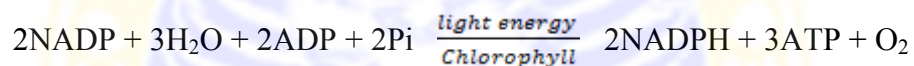
Reaksi terang yaitu reaksi yang membutuhkan energi cahaya matahari langsung dan molekul-molekul energi cahaya tersebut belum dapat digunakan untuk proses berikutnya. Energi cahaya dapat dimanfaatkan akan tetapi perlu dirubah menjadi energi kimia yang diaktivasi oleh klorofil (Utomo, 2007). Hasil dari reaksi terang ini nanti akan dipakai untuk proses selanjutnya, yaitu reaksi gelap. Menurut Richmond (2004) reaksi terang terjadi di bagian membran tilakoid.

Hasil utama dari reaksi terang adalah energi kimia berupa NADPH_2 dan ATP untuk proses asimilasi inorganik karbon. Selama proses pencahayaan 2 elektron dari air akan terpecah menjadi O_2 , yang kemudian di salurkan melalui rangkaian pembawa proton untuk menjadi NADPH_2 (Utomo, 2007).

Terdapat dua pusat pigmen yang bekerja sebagai pembawa proton selama proses terang yaitu *Photosystem I* (PS I) dan *Photosystem II* (PS II). Proses aliran proton melalui PS I dan PS II ini disebut dengan Fotofosforilasi. Fotosistem I memiliki molekul klorofil yang berada pada pusat reaksi dari fotosistem I dinamakan P700 karena sangat baik menyerap energi cahaya dengan panjang

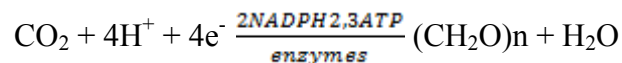
gelombang 700 nm. Fotosistem II memiliki molekul klorofil yang berada pada pusat reaksi fotosistem II dan dinamakan P680 karena sangat baik menyerap energi cahaya dengan panjang gelombang 680 nm. Proses penyerapan cahaya yang selanjutnya berdampak pada lepasnya elektron dari klorofil, untuk selanjutnya di salurkan dan ditangkap oleh akseptor elektron. Proses ini merupakan awal dari proses fotosintesis.

Proton selanjutnya akan disalurkan menuju bagian luar stroma yang akan menyebabkan kemiringan perbedaan pH. Perbedaan pH akan mengaktifkan suatu protein kompleks yang disebut ATPase atau ATP sintesis. Menurut Richmond (2004) secara singkat reaksi ini dapat digambarkan sebagai berikut.



2.3.2 Reaksi Gelap

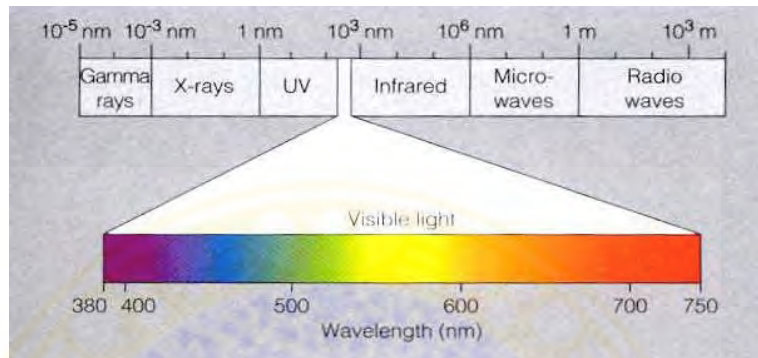
Proses kedua adalah proses yang tidak membutuhkan cahaya atau yang biasa disebut reaksi gelap. Produk dari reaksi terang digunakan untuk membentuk ikatan kovalen C-C dari karbohidrat. Proses ini dimulai dengan CO₂ dari air akan ditangkap dan ditambahkan dengan atom hidrogen sehingga membentuk karbohidrat dengan bantuan 2NADPH dan 3ATP (Richmond, 2004).



2.4 Cahaya

Cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan yang sangat berpengaruh dalam budidaya mikroalga, karena cahaya merupakan bagian yang sangat penting dalam pigmen fotosintetik yang menyediakan energi bagi kehidupan mikroalga.

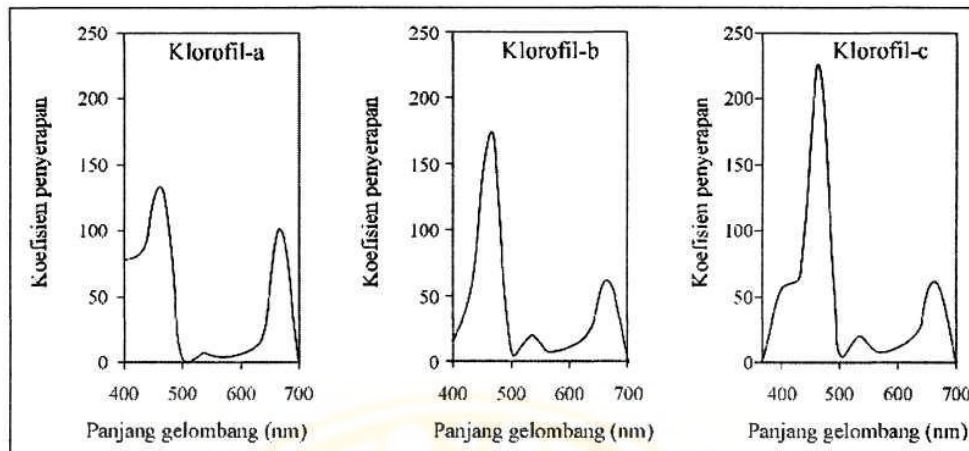
Kekurangan cahaya dapat mengakibatkan proses fotosintesis tidak berlangsung normal sehingga akan mempengaruhi pertumbuhan *Spirulina* sp. (Bustaman, 2011).



Gambar 4. Spektrum warna cahaya tampak pada panjang gelombang 400-700nm (Richmond, 2004).

Cahaya sendiri ada dua jenis yaitu cahaya tampak dan cahaya tak tampak. Cahaya tampak nanti akan diabsorpsi oleh klorofil dan dimanfaatkan dalam proses fotosintesis. Cahaya matahari yang dapat dimanfaatkan untuk proses fotosintesis disebut dengan *Photosynthetically Active Radiation* (PAR). PAR adalah panjang gelombang cahaya matahari yang dapat dimanfaatkan untuk proses fotosintesis, dalam hal ini panjang gelombang 400-700 nm (Alados *et al.*, 1995).

Cahaya yang paling efektif diabsorpsi oleh klorofil adalah cahaya merah dan cahaya biru, panjang gelombang cahaya ini nanti akan berpengaruh dalam proses fotosistem I dan fotosistem II. Panjang gelombang 480-550 nm atau cahaya berwarna hijau akan dipantulkan kembali, sehingga akan tampak warna hijau pada *Spirulina* sp. (Utomo, 2007). Perbedaan kemampuan penyerapan cahaya pada klorofil dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Kemampuan klorofil a, b dan c dalam menyerap cahaya (Riyono, 2007).

Cahaya dari matahari ini nanti akan dipakai dalam proses fotosintesis, terutama cahaya merah dengan panjang gelombang 630-675 nm yang dipakai dalam PS I dan PS II untuk reaksi terang. Cahaya juga dipakai untuk pembentukan klorofil yang dibantu NADPH dari reaksi terang untuk mengubah monovinyl protochlorophyllide-a menjadi chlorophyllide-a (Taiz dan Zeiger, 2010).

III KERANGKA KONSEPTUAL

3.1 Kerangka Konseptual

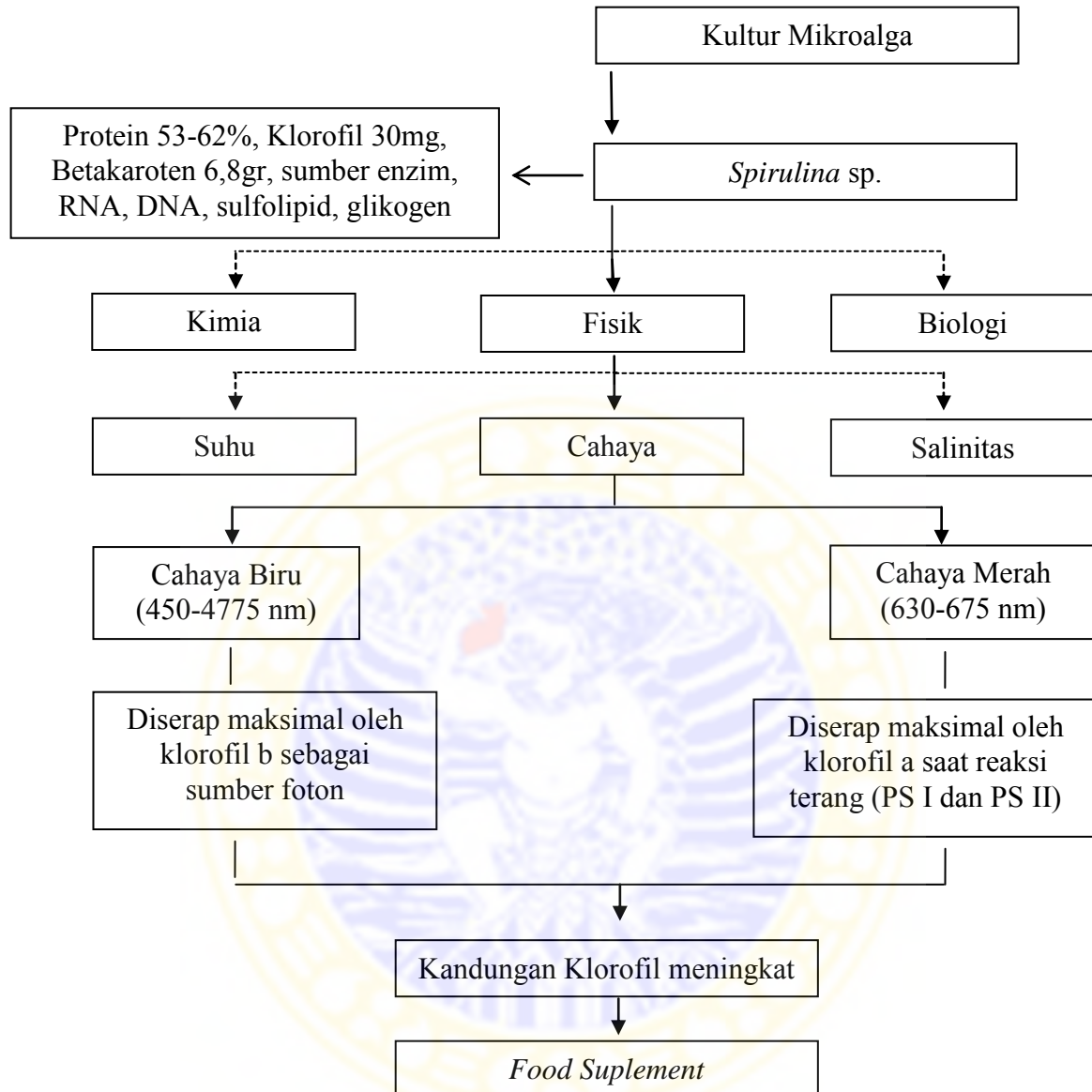
Mikroalga dalam bidang akuakultur pada umumnya telah dikenal sebagai pakan alami untuk pembenihan ikan karena perannya sebagai produsen primer di perairan (Riyono, 2007). Semakin tinggi nutrisi dari mikroalga yang dikultur akan semakin bagus bagi pembenihan. Menurut Limantara (2007) dalam Setiari dkk. (2009) klorofil atau pigmen utama tumbuhan banyak dimanfaatkan sebagai *food suplement* yang berguna untuk membantu mengoptimalkan fungsi metabolik, sistem imunitas, detoksifikasi, meredakan radang (inflamatorik) dan menyeimbangkan sistem hormonal.

Spirulina sp. adalah salah satu jenis mikroalga yang mulai banyak dilakukan kultur secara masal. *Spirulina* sp. berasal dari golongan Cyanophyta atau alga hijau biru yang memiliki kandungan protein cukup tinggi yaitu 53-62%, karbohidrat 17-25% dan lemak 4-6%. Kandungan klorofil yang dimiliki adalah 30 mg dan beta karoten 6,8 gr. *Spirulina* sp. juga kaya akan sumber enzim, RNA, DNA, sulfolipid, glikogen dan nutrisi penting lainnya. Kandungan yang lebih lengkap dari jenis pakan alami lain ini yang menyebabkan *Spirulina* sp. sangat bagus untuk dijadikan pakan ikan.

Salah satu faktor penentu keberhasilan kultur *Spirulina* sp. adalah cahaya. Cahaya merupakan sumber energi untuk proses fotosintesis yang meliputi intensitas, kualitas spektrum dan fotoperiode. Intensitas cahaya berperan sangat penting, tetapi kebutuhannya tergantung dari jenis alga yang dikultur dan kepadatan alga yang dikultur (Barsanty and Gualtieri, 2006).

Spektrum cahaya juga memiliki peranan penting dalam proses fotosintesis. Proses fotosintesis klorofil akan meneruskan spektrum cahaya yang spesifik, sebagian besar berwarna biru dengan panjang gelombang 450-475 nm dan warna cahaya merah dengan panjang gelombang 630-675 nm (Richmond, 2004). Spektrum yang semakin banyak diserap diharapkan akan memicu pertumbuhan klorofil yang semakin banyak.





Gambar 6. Bagan kerangka konseptual penelitian

3.2 Hipotesis

H1.1 : Pemberian spektrum cahaya yang berbeda pada *Spirulina sp.* tidak memberikan perbedaan pada kandungan klorofil tiap sel.

H1.2 : Spektrum cahaya tertentu dapat meningkatkan kandungan klorofil *Spirulina sp.* tiap sel secara optimal

IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Maret – April 2014 di Laboratorium Pendidikan Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga Surabaya.

4.2 Materi Penelitian

Materi penelitian yang digunakan terdiri dari alat dan bahan. Bahan penelitian yang digunakan adalah inokulan *Spirulina* sp., Aceton 90%, pupuk Walne, $MgCO_3$, air tawar, air laut, alkohol, Na-tiosulfat dan klorin.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain botol kultur berukuran 1 liter sebanyak 18 buah, gelas ukur 500ml, plastik hitam sebagai pembatas cahaya, aerator, pipet tetes, pipet volume, lampu TL 10 watt berjumlah 4 buah, selang aerasi, kertas saring, corong, *sedgewick rafter*, lux meter, termometer, spektrofotometer, pH meter, refraktometer dan mikroskop.

4.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dan enam ulangan, sebab pada penelitian ini semua dikondisikan sama kecuali warna cahaya yang diberikan, artinya tidak ada faktor-faktor lain yang dapat dianggap berpengaruh terhadap hasil pengamatan (Kusriningrum, 2008). Terdapat 3 perlakuan antara lain perlakuan A warna cahaya putih (Kontrol), perlakuan B warna cahaya merah dan perlakuan C warna cahaya biru. Spektrum cahaya putih

yang berasal dari lampu TL digunakan sebagai kontrol karena spektrumnya yang hampir sama dengan cahaya alami atau cahaya matahari (Chen and Lee, 2012).

4.4 Prosedur Kerja

4.4.1 Persiapan Media Kultur

Kultur murni jenis *Spirulina* sp. adalah monospesies plankton yang dikultur dalam ruangan terkontrol untuk sediaan kultur massal. Pupuk yang digunakan untuk kultur murni adalah pupuk Walne. Alat disterilkan dengan direndam dengan larutan *chlorine* 100 ml/L kemudian dibilas dengan air tawar (Suriadnyani dkk, 2007). Langkah awal sebelum kultur adalah mensterilkan media kultur dengan memasukkan *chlorine* dalam media sebanyak 100 mg/L. Memberikan aerasi beberapa menit agar *chlorine* tercampur merata yang selanjutnya aerasi dimatikan dan didiamkan selama 24 jam agar *chlorine* bekerja secara optimal membunuh semua bakteri patogen yang mengganggu kultur. Setelah 24 jam aerasi dihidupkan kembali dan menambahkan Na-tiosulfat 50 mg/L. Na-tiosulfat berfungsi untuk menetralkan *chlorine* dalam air.

4.4.2 Lingkungan Kultur

Media kultur yang dipakai dalam penelitian ini adalah air laut sebanyak 1 liter yang dimasukan ke dalam botol kultur. Media kultur diberi aerasi dan bibit *Spirulina* sp. dengan kepadatan yang diinginkan yaitu 10^4 sel/ml. Kepadatan bibit *Spirulina* sp. dapat mempengaruhi pertumbuhan *Spirulina* sp. sehingga diusahakan agar semua kondisi sama. Menurut Hariati (2008) *Spirulina* sp. dapat tumbuh maksimal pada suhu antara 20-30 °C dengan salinitas yang optimal

berkisar antara 15-20 %. Maksimal pH pada 8,5-9. Kultivasi *Spirulina* sp. dengan intensitas cahaya ≥ 4000 lux dengan bantuan lampu TL (*Tube Lamp*) (Kabinawa, 2006)

4.4.3 Perhitungan Klorofil

Pengukuran kandungan klorofil *Spirulina* sp. dilakukan menggunakan spektrofotometer dengan metode modifikasi dari Serman, 1988. Sampel diambil sebanyak 80 ml, selanjutnya dihitung kepadatan sel per ml *Spirulina* sp. Sampel dibagi menjadi delapan bagian masing-masing sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam cuvet sentrifuge ukuran 10 ml. Sampel disentrifuge dengan kecepatan 5.000 rpm selama 5 menit.

Setelah proses sentrifuge selesai, supernatan dibuang hingga tersisa pelletnya. Pellet tersebut kemudian dijadikan satu dan di ekstraksi dengan $MgCO_3$ dan 1 ml aceton 90%. Sampel dihomogenkan secara manual selama kurang lebih 10-15 menit (Masithah dkk, 2011). Sampel yang telah homogen disentrifuge kembali dengan kecepatan 5.000 rpm selama 5 menit dan diambil supernatan saja yang akan berwarna kehijauan. Supernatan tersebut merupakan sampel kandungan klorofil yang akan dihitung pada spektrofotometer. Sebelum digunakan, spektrofotometer dikalibrasi terlebih dahulu, sesuai dengan panjang gelombang yang akan digunakan yaitu A_{664} dan A_{647} . Kandungan klorofil dihitung menggunakan rumus Serman (1988) berikut:

Kandungan klorofil-a dan klorofil-b (larutan aceton 90%) :

$$a) \text{ Klorofil-a} = 11,93 A_{664} - 1,93 A_{647}$$

$$b) \text{ Klorofil-b} = 20,63 A_{647} - 5,50 A_{664}$$

Sterman (1988) menyatakan bahwa setelah nilai absorban diketahui, selanjutnya nilai absorban dimasukkan ke dalam rumus di bawah ini :

$$\mu\text{g klorofil dalam ekstrak} = (\text{volume dalam ekstrak, ml})(\mu\text{g klorofil ml}^{-1})$$

$$\mu\text{mol klorofil dalam ekstrak} = \frac{\mu\text{g klorofil dalam absorban}}{\text{Berat molekul klorofil}}$$

Berat molekul : chl-a 894, chl-b 908

$$\mu\text{mol klorofil dalam sel} = \frac{\mu\text{mol klorofil dalam ekstrak}}{\text{jumlah sel dalam sampel}}$$

4.5 Parameter

4.5.1 Parameter Utama

Parameter utama dalam penelitian ini adalah kandungan klorofil-a dan klorofil-b *Spirulina* sp. Pengamatan kandungan klorofil dilakukan diakhir kultur yaitu di hari ketujuh. Parameter utama digunakan untuk mencari spektrum cahaya yang terbaik untuk meningkatkan kandungan klorofil pada *Spirulina* sp.

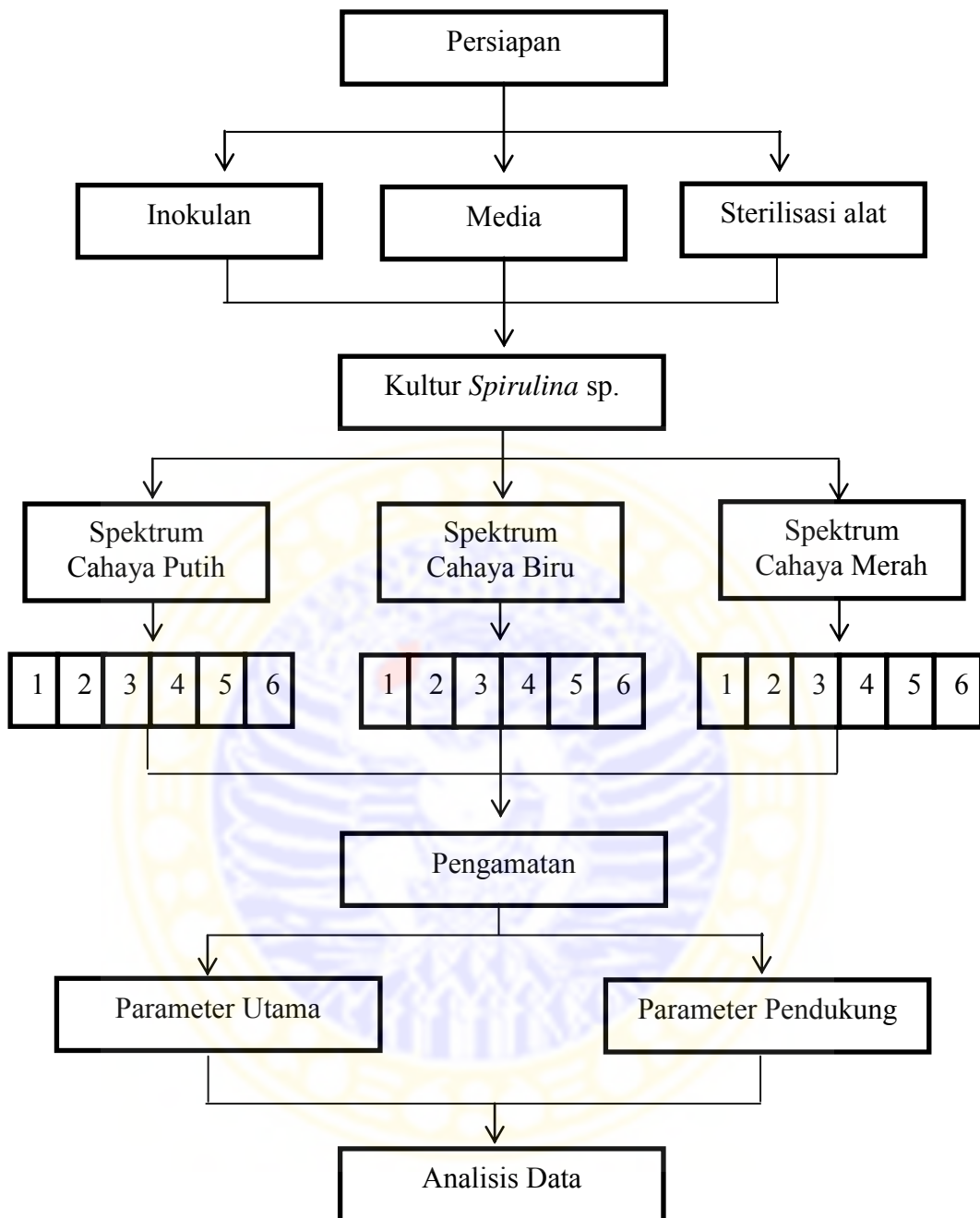
4.5.2 Parameter Pendukung

Pengamatan kepadatan sel *Spirulina* sp. dan kualitas air dilakukan setiap hari. Parameter kualitas air yang diukur antara lain suhu, pH dan salinitas. Parameter pendukung digunakan untuk melengkapi data dari parameter utama dan diamati selama masa kultur tujuh hari.

4.6 Analisa Data

Pengaruh pemberian spektrum cahaya berbeda terhadap kandungan klorofil *Spirulina* sp. dapat dianalisis dengan menggunakan Analisis Varian (ANOVA) dengan tingkat kepercayaan 95%. Apabila perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh yang berbeda nyata akan dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan dengan taraf signifikan 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan (Kusriningrum, 2008).





Gambar 7. Diagram alir penelitian

V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil

Hasil penelitian berupa data kandungan klorofil-a dan klorofil-b sebagai data utama. Kepadatan populasi *Spirulina* sp. dan kualitas air sebagai data pendukung untuk mengetahui pengaruh pemberian spektrum cahaya yang berbeda terhadap kandungan klorofil dari *Spirulina* sp. serta menentukan spektrum cahaya yang dapat meningkatkan kandungan klorofil-a dan klorofil-b tiap sel *Spirulina* sp. secara optimal.

5.1.1 Kandungan Klorofil-a *Spirulina* sp. tiap sel

Data rata-rata klorofil-a tiap sel yang diukur pada hari ketujuh dianalisis dengan analisis varian (ANOVA) dan Uji Jarak Berganda Duncan. Hasil dari ANOVA satu arah dengan selang kepercayaan 95% menunjukkan hasil berbeda nyata ($p < 0,05$) pada semua perlakuan sehingga dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan. Berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan 5% didapat hasil ternyata dari tiga perlakuan spektrum yang berbeda tidak memberikan hasil yang berbeda nyata ($p > 0,05$).

Tabel 1. Kandungan klorofil-a tiap sel *Spirulina* sp. ($\times 10^{-6}$ $\mu\text{mol/sel}$) dengan spektrum cahaya yang berbeda

Perlakuan	Rata-rata
Spektrum Biru	3,9870 ^b
Spektrum Putih	7,7427 ^a
Spektrum Merah	8,6165 ^a

Keterangan: Superskrip berbeda dalam satu kolom menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$)

Hasil Uji Jarak Berganda Duncan pada semua perlakuan ternyata didapat hasil pemberian spektrum biru berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan spektrum putih dan spektrum merah. Sedangkan spektrum merah tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan pemberian spektrum putih. Akan tetapi pada pemberian spektrum merah didapat hasil rata-rata kandungan klorofil-a tiap sel tertinggi dibandingkan dengan spektrum cahaya yang lain yaitu $8,6165 \times 10^{-6}$ $\mu\text{mol}/\text{sel}$. Kandungan rata-rata klorofil-a tiap sel terendah didapat pada pemberian spektrum biru dengan kandungan klorofil-a tiap sel sebesar $3,9870 \times 10^{-6}$ $\mu\text{mol}/\text{sel}$.

5.1.2 Kandungan Klorofil-b *Spirulina* sp. tiap sel

Data rata-rata klorofil-b tiap sel yang diukur pada hari ke-7 dianalisis dengan analisis varian (ANAVA) dan Uji Jarak Berganda Duncan. Hasil dari ANAVA menunjukkan hasil berbeda nyata ($p < 0,05$) pada semua perlakuan sehingga dilanjutkan dengan Uji jarak berganda duncan. Dari Uji Jarak Berganda Duncan didapat hasil ternyata dari tiga perlakuan spektrum yang berbeda memberikan hasil yang berbeda nyata ($p < 0,05$).

Tabel 2. Kandungan klorofil-b tiap sel *Spirulina* sp. ($\times 10^{-6}$ $\mu\text{mol}/\text{sel}$) dengan spektrum cahaya yang berbeda

Perlakuan	Rata-rata
Spektrum Biru	6,4287 ^a
Spektrum Putih	12,386 ^b
Spektrum Merah	13,828 ^b

Keterangan: Superskrip berbeda dalam satu kolom menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$)

Hasil Uji Jarak Berganda Duncan pada hari ketujuh kandungan klorofil-b tiap sel terendah didapat pada pemberian spektrum biru yang berbeda nyata

($p < 0,05$) dengan pemberian spektrum merah dan putih. Kandungan klorofil-b tiap sel tertinggi didapat pada pemberian spektrum merah namun tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan spektrum putih.

Berdasarkan Tabel 2 didapat kandungan klorofil-b tiap sel tertinggi didapat pada spektrum merah dengan kandungan klorofil-b $13,828 \times 10^{-6}$ $\mu\text{mol}/\text{sel}$. Sedangkan kandungan klorofil terendah didapat pada pemberian spektrum cahaya biru dengan kandungan klorofil tiap selnya sebanyak $6,4287 \times 10^{-6}$ $\mu\text{mol}/\text{sel}$.

5.1.3 Kepadatan Populasi *Spirulina* sp.

Data populasi *Spirulina* sp. yang diperoleh selama penelitian dianalisis dengan analisis varian (ANOVA) dan Uji Jarak Berganda Duncan. Hasil analisis varian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) pada semua perlakuan pada hari kedua hingga hari kedelapan, sedangkan pada hari pertama menunjukkan tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Untuk mengetahui perbedaan diantara perlakuan maka dilakukan Uji Jarak Berganda Duncan 5%. Data kepadatan populasi *Spirulina* sp. dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Kepadatan sel *Spirulina* sp. dengan spektrum cahaya yang berbeda

Perlakuan	Kepadatan <i>Spirulina</i> sp. (10^4 sel/ml) hari ke-								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Merah	1	2,28 ^a	4,42 ^b	4,92 ^a	5,87 ^a	9,79 ^a	11,00 ^a	12,63 ^a	13,20 ^a
Biru	1	2,59 ^a	3,23 ^a	4,99 ^a	6,27 ^a	8,34 ^a	9,53 ^a	11,75 ^a	11,82 ^a
Putih	1	2,38 ^a	4,42 ^b	6,71 ^b	12,85 ^b	14,19 ^b	18,68 ^b	22,24 ^b	22,93 ^b

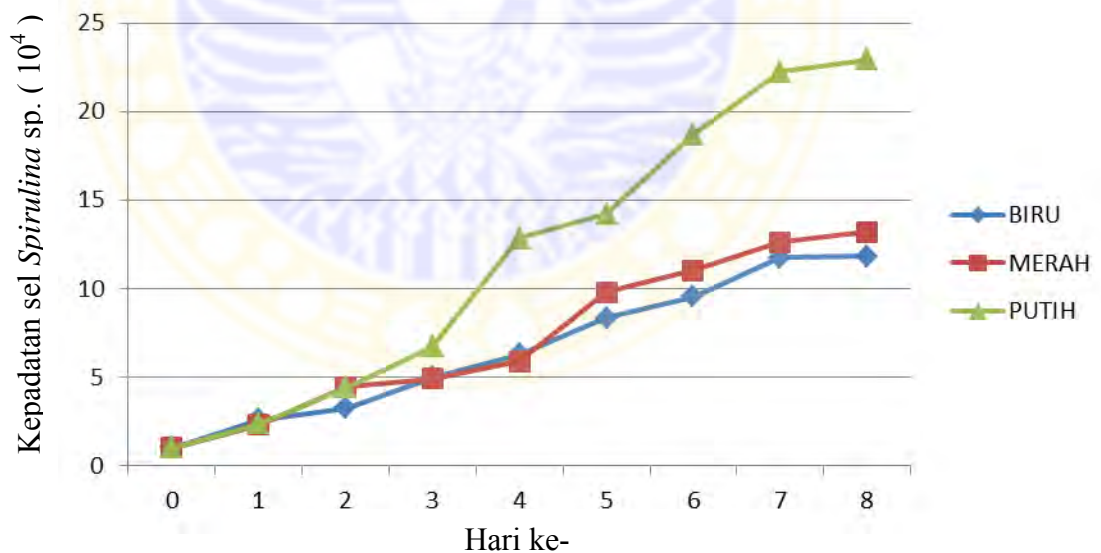
Keterangan: Superskrip berbeda dalam satu kolom menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$)

Hasil Uji Jarak Berganda Duncan hari pertama menunjukkan bahwa populasi tertinggi *Spirulina* sp. terdapat pada pemberian spektrum biru yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan spektrum merah dan putih. Populasi terendah

terdapat pada pemberian spektrum merah yang tidak berbeda nyata ($p>0,05$) dengan spektrum biru dan putih.

Hari kedua menunjukkan bahwa populasi tertinggi terdapat pada pemberian spektrum merah dan biru yang berbeda nyata ($p<0,05$) dengan pemberian spektrum biru. Populasi terendah terdapat pada pemberian spektrum biru yang berbeda nyata ($p<0,05$) dengan spektrum merah dan putih.

Hari ketiga dan keempat kepadatan tertinggi terdapat pada perlakuan putih yang berbeda nyata ($p<0,05$) dengan perlakuan merah dan biru. Kepadatan populasi terendah terdapat pada perlakuan merah yang tidak berbeda nyata ($p>0,05$) dengan perlakuan biru namun berbeda nyata ($p<0,05$) dengan perlakuan putih.



Gambar 8. Grafik rata-rata pertumbuhan populasi *Spirulina* sp. (10^4 sel/ml) setelah pemberian spektrum cahaya berbeda.

Hari kelima hingga kedelapan kepadatan tertinggi terdapat pada perlakuan putih yang berbeda nyata ($p<0,05$) dengan perlakuan merah dan biru. Kepadatan

populasi terendah terdapat pada perlakuan biru yang tidak berbeda nyata ($p>0,05$) dengan perlakuan merah namun berbeda nyata ($p<0,05$) dengan perlakuan putih.

Berdasarkan Gambar 8. tampak hari ketujuh merupakan puncak pertumbuhan *Spirulina* sp. pertumbuhan populasi tertinggi didapat pada pemberian spektrum cahaya putih dan populasi terendah didapat pada pemberian spektrum cahaya biru. Pada hari kedelapan hingga hari kesembilan pertumbuhan *Spirulina* sp. mulai memasuki fase stationer.

5.1.4 Kualitas Air

Selama penelitian kualitas air dan intensitas cahaya dihitung sebagai data pendukung. Selama tujuh hari kultur kualitas air dan intensitas cahaya dihitung setiap 24 jam sekali. Hasil pengamatan kualitas air dan intensitas cahaya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata kualitas air dan intensitas cahaya selama kultur *Spirulina* sp. dengan spektrum cahaya berbeda.

Perlakuan	Kualitas Air	Hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
Merah	pH	7	7.5	7.7	7.8	8	8.3	8.5
	Suhu (°C)	32	33	32	32	33	33	33
	Salinitas (ppt)	32	32	32	33	33	35	35
	Intensitas (Lux)	4223						
Biru	pH	7	7.7	8.1	8.5	8.8	9	9
	Suhu (°C)	33	32	33	33	34	35	34
	Salinitas (ppt)	32	32	33	33	34	34	35
	Intensitas (Lux)	4254						
Putih	pH	7	7.4	7.9	8.1	8.2	8.5	8.6
	Suhu	32	31	33	32	34	34	33

	(°C)							
	Salinitas (ppt)	32	33	33	34	35	35	35
	Intensitas (Lux)	4187						

Dari hasil pengamatan selama tujuh hari didapat suhu air berkisar antara 32-35°C, salinitas maksimal 35 ppt dan pH berkisar antara 8-9. Selain itu juga diukur intensitas cahaya, dalam penelitian ini intensitas cahaya dibuat seragam yaitu berkisar antara 4000-4200 lux.

5.2 Pembahasan

Untuk memungkinkan terjadinya sintesa klorofil dibutuhkan beberapa faktor tertentu, yaitu faktor genetik, cahaya, nitrogen, magnesium, besi, suhu, air dan unsur-unsur lainnya (Mn, Cu dan Zn) (Riyono, 2007).

Warna cahaya memiliki peranan penting dalam proses fotosintesis, karena selama proses fotosintesis klorofil akan meneruskan warna cahaya yang spesifik yaitu warna cahaya biru 450-475 nm dan warna cahaya merah dengan panjang gelombang 630-675 nm (Richmond, 2004). Semakin banyak cahaya yang diserap maka semakin tinggi juga energi untuk melakukan fotosintesis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian spektrum cahaya merah terhadap kandungan klorofil-a dan klorofil-b tiap sel *Spirulina* sp. tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan pemberian spektrum putih. Akan tetapi kandungan klorofil tertinggi di dapat pada pemberian spektrum merah dibanding pemberian spektrum biru dan putih. Hal tersebut menunjukkan spektrum merah lebih banyak diserap sehingga dapat meningkatkan kandungan klorofil. Menurut Campbell

(2010) klorofil-a sangat baik menyerap spektrum merah. Spektrum merah dengan panjang gelombang 630-675 nm ini nanti dimanfaatkan untuk menghasilkan energi dalam proses fotosistem I dan fotosistem II. Cahaya yang dapat dimanfaatkan oleh *Spirulina* sp. untuk proses fotosintesis ini disebut dengan *Photosynthetically Active Radiation* (Alados *et al.*, 1995)

Spektrum merah dapat diserap maksimal untuk pembentukan klorofil-a dan klorofil-b *Spirulina* sp. karena tiap fitoplankton memiliki spektrum absorpsi cahaya yang berbeda (Mercado *et al.*, 2004). Foton atau energi cahaya yang ditangkap oleh molekul klorofil akan menyebabkan perubahan kondisi molekul klorofil dari *ground state* ke *excitation state*. Selama perubahan kondisi tersebut molekul klorofil butuh energi yang seimbang dan diambil dari foton yang ditangkap oleh molekul klorofil.

Energi yang keluar harus di tukar dengan energi baru dengan jumlah yang sama, tapi tiap fitoplankton akan mengeluarkan jumlah energi yang berbeda untuk mencapai *excitation state*. Hal ini menyebabkan tiap fitoplankton memiliki spektrum absorpsi yang berbeda, karena spektrum absorpsi yang diserap harus sama dengan energi yang dikeluarkan selama *excitation state* (Campbell, 2010). *Excitation state* akan kembali ke *ground state* dan melepaskan energi panas untuk proses fotosintesis dan sintesa klorofil.

Spektrum merah yang diserap maksimal akan menghasilkan energi yang juga optimal sehingga dapat mensintesis ATP. ATP hasil dari fotosistem I ini nanti akan dibantu dengan foton yang berasal dari panjang gelombang 700 nm (spektrum merah) menghasilkan NADPH (Richmond, 2004). NADPH yang

terbentuk berperan dalam proses sintesis klorofil, diduga hal tersebut menyebabkan semakin meningkatnya kandungan klorofil *Spirulina* sp.

Peningkatan pertumbuhan populasi pada pemberian spektrum putih mendapatkan hasil pertumbuhan yang tertinggi. Sedangkan pada pemberian spektrum biru didapat hasil pertumbuhan yang paling rendah dan tidak berbeda nyata dengan pemberian spektrum merah. Spektrum putih memberikan pertumbuhan yang maksimal karena warnanya yang mendekati warna cahaya matahari dan gabungan dari semua spektrum cahaya, dimana energi foton yang dipakai untuk pertumbuhan akan tersedia (Sunarto, 2008; Campbell, 2010).

Hari pertama hingga hari ketiga *Spirulina* sp. masih dalam fase adaptasi yang ditandai dengan pertumbuhan yang belum meningkat signifikan. Hari keempat hingga hari ketujuh *Spirulina* sp. mulai memasuki fase eksponensial dimana pertumbuhan *Spirulina* sp. berada dalam tingkat kenaikan yang signifikan. Kultur pada hari ketujuh dan kedelapan kandungan nutrisi mulai berkurang sehingga mulai mengalami penurunan laju pertumbuhan yang disebut sebagai fase deklinasi (Hariati, 2008).

Hari kedelapan hingga hari kesembilan *Spirulina* sp. mulai memasuki fase stationer dimana penambahan jumlah populasi seimbang dengan laju kematian sehingga seperti tidak ada penambahan populasi. Pertumbuhan sel yang baru juga dihambat dengan keberadaan sel yang telah mati dan faktor pembatas lainnya (Fogg, 1975).

Pertumbuhan *Spirulina* sp. yang baik selain dipengaruhi oleh kandungan nutrisi juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di dalam media pemeliharaan.

Faktor lingkungan yang mendukung pertumbuhan *Spirulina* sp. adalah suhu air, salinitas dan pH (Vonshak, 1986). Isnansetyo dan Kurniastuty (1995) menyatakan, suhu optimal untuk *Spirulina* sp. skala laboratorium adalah 25 – 35 °C. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, suhu perairan memberikan hasil yang berbeda di setiap perlakuannya. Data yang didapat spektrum biru memiliki suhu rata-rata 34 °C dan spektrum merah memiliki rata-rata suhu terendah yaitu 31 °C.

Suhu yang tinggi disebabkan karena spektrum biru memiliki panjang gelombang rendah yaitu 450-475 nm, berdasarkan Campbell (2010) cahaya dengan panjang gelombang rendah akan memiliki energi yang lebih tinggi dari pada cahaya dengan panjang gelombang yang tinggi sehingga dapat meningkatkan suhu perairan. Nurdin *dalam* Efrizal (2006) menyatakan bahwa suhu dapat mempengaruhi fotosintesis di laut baik secara langsung maupun tidak langsung, suhu yang tinggi dapat menaikkan laju maksimum fotosintesis. Diduga laju maksimum fotosintesis yang dipengaruhi oleh suhu yang meningkat menyebabkan pH perairan meningkat, berdasarkan Richmond (2004) Fotosintesis akan menyebabkan kenaikan pH menjadi basa secara bertahap. Kenaikan pH akan menjadi faktor pembatas pertumbuhan dari plankton yang dikultur sehingga pertumbuhan tidak maksimal.

Menurut Richmond (2004) *Spirulina* sp. dapat tumbuh hingga pH 9. Dari hasil penelitian didapat pH tertinggi didapat pada spektrum biru yaitu pH 9, sehingga masih dalam rentang tumbuh dari *Spirulina* sp. Menurut Richmond (1986) salinitas pada *Spirulina* sp. berkisar antara 30-60 ppt. Sedangkan dalam

penelitian salinitas awal air laut adalah 32 ppt dan saat akhir kultur meningkat menjadi 35 ppt, diduga suhu yang tinggi menyebabkan air sedikit menguap sehingga salinitas akan meningkat. Kabinawa (2006) menjelaskan bahwa intensitas cahaya bagi *Spirulina* sp. adalah 4000 lux dengan perbandingan periode terang:gelap adalah 12:12. Berdasarkan literatur maka dapat disimpulkan kualitas air selama penelitian masih dianggap layak.



VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian pengaruh pemberian spektrum cahaya yang berbeda terhadap kandungan klorofil *Spirulina* sp. yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan yaitu :

1. Pemberian spektrum cahaya yang berbeda dapat memberikan perbedaan pada kandungan klorofil *Spirulina* sp.
2. Pemberian spektrum merah menghasilkan kandungan klorofil-a dan klorofil-b *Spirulina* sp. tiap sel tertinggi. Sedangkan spektrum biru memberikan hasil klorofil-a dan klorofil-b *Spirulina* sp. tiap sel terendah.

6.2 Saran

Peningkatan kandungan klorofil *Spirulina* sp. dapat dilakukan dengan pemberian spektrum cahaya merah. Sebaiknya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kandungan klorofil secara optimal dan pengaruh warna cahaya terhadap kandungan nutrisi *Spirulina* sp.

DAFTAR PUSTAKA

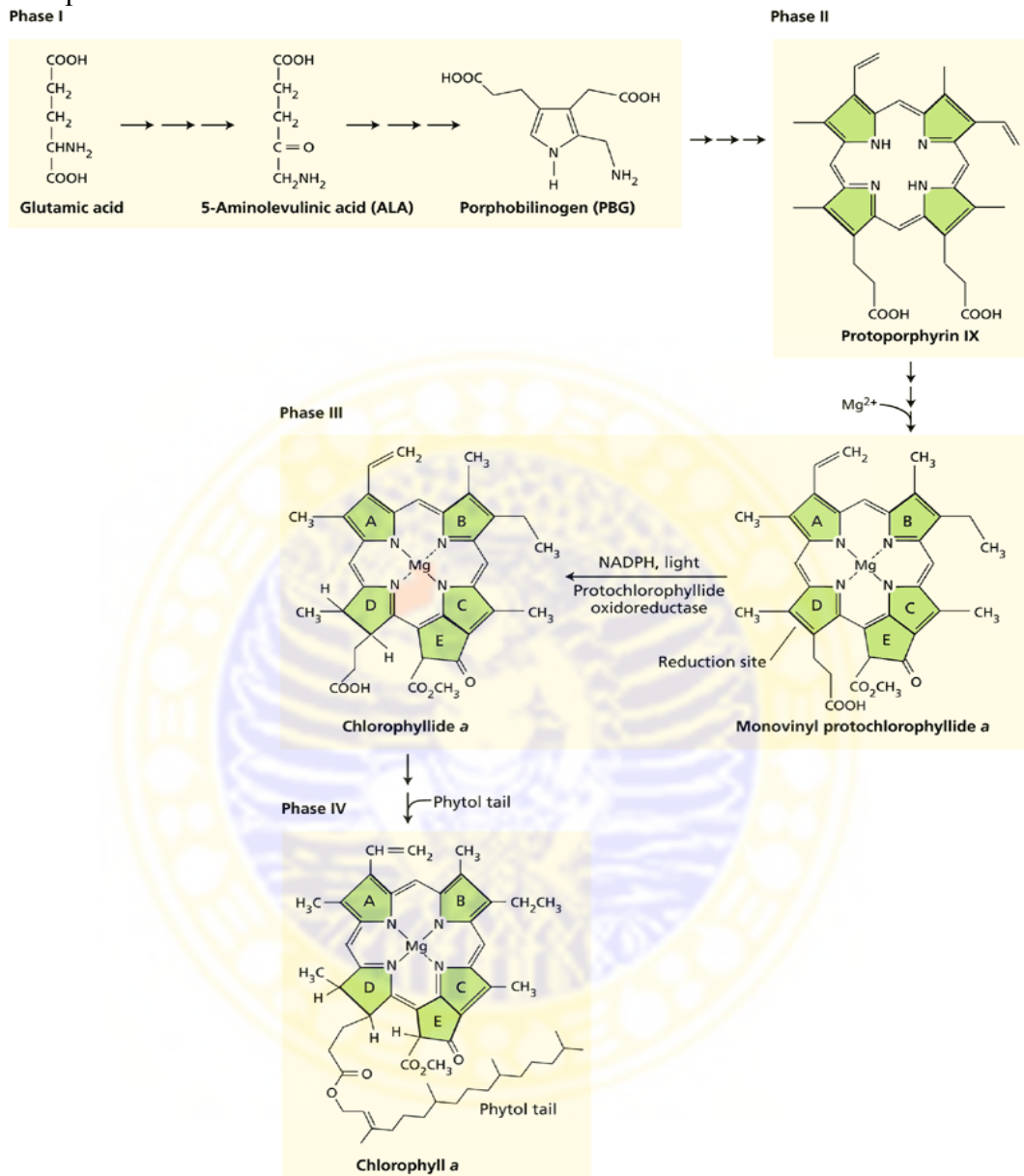
- Alados, I., I. F. Moreno and L. A. Arboledas. 1995. Photosynthetically Active Radiation : Measurements and Modelling. *Journal Agricultural and Forest Meteorology*. 78 : 121-131
- Ali, S. K. and A. M. Saleh. 2012. Spirulina-an Overview. *Intenational Journal of Pharmaceutical science*. Vol. 4, Issue. 3
- Barsanti, L. dan P. Gualtieri . 2006. *Algae ; Anatomy ; Biochemistry and Biotechnology*. Taylor and Francis press
- Bold, H. C. dan M. J. Wyne. 1978. *Introduction to The Algae, Second Edition*, Pretice-Hall Mc. Engelwood Cliffs. New York.
- Bustaman, R. H . 2011. Pengaruh Perbedaan Warna Cahaya terhadap Pertumbuhan Kultur *Spirulina* sp. Skripsi. Fakultas Perikanan Dan Kelautan Universitas Airlangga. Surabaya.
- Campbell, N. A., J. B. Reece and L. G. Mitchell. 2002. *Biologi V : 1st Edition*. Erlangga. Jakarta
- Chen, Y. C. And M. C. Lee. 2012 Double-Power Double-Heterostucture Light-Emitting Diodes in Microalgae, *Spirulina platensis* and *Nannochloropsis oculata* Cultures. *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 20, No.2, pp. 233-236.
- Efrizal, T. 2006. Hubungan Beberapa Parameter Kualitas Air dengan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Pulau Penyengat Kota Tanjung Pinang Provinsi Kepulauan Riau. Artikel Ilmiah. Fakultas Biologi dan Perikanan Laut. Universitas Raja Ali Haji. Tanjung Pinang.
- Fogg, G.E. 1975. *Algal Culture and Phytoplankton Ecology*. London: The University of Winsconsin Press.
- Hariati, R. 2008. Pertumbuhan *Spirulina* sp. dalam Skala Laboratorium. *Jurnal Biologi* Vol. 10, No, Hal. 19-22.
- Howell, L. 2010. *Environmental of Drinking Water*. University of Victoria. www.uvic.ca/water. 27 Desember 2013
- Isnansetyo, A dan Kurniastuty. 1995. *Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton*. Kanisius. Yogyakarta. hal. 34-85.
- Kabinawa, I. N. 2006. *Spirulina Ganggang Penggempur Aneka Penyakit*. Agromedia. Jakarta

- Kurniawan, M., M. Izzati dan Y, Nurchayati. 2010. Kandungan Klorofil, Karotenoid, dan Vitamin C pada Beberapa Spesies Tumbuhan Akuatik. *Buletin Anatomi dan Fisiologi* Vol. XVIII, No. 1
- Kusriningrum, R. 1989. *Dasar Perencanaan Percobaan dan Rancangan Acak Lengkap*. Universitas Airlangga Press. Surabaya. hal.53–90.
- Masithah, E. D., N. A. Ningrum dan S. Sigit. 2011. Pengaruh Pemberian Bakteri *Bacillus pumilus* pada Kotoran Sapi sebagai Pupuk terhadap Jumlah Kandungan Klorofil *Dunaliella salina*. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan* Vol. 3, No. 1, April 2011
- Mercado, J. M., M. P. Saavedra, G. C. Reyes, L. Lubian, O. Montero and F. L. Figueroa. 2004. Blue Light Effect on Growth, Light Absorbtion Characteristic and Photosynthesis of Five Benthic Diatom Strains. *Journal Aquatic Botany* 78 : 265-277.
- Moorhead, K. and B. Capelli. 2011. *Spirulina Nature's Superfood*. Cyanotech Corporation. Kailua-Kona. Hawaii.
- Permatasari, S. 2011. *Produksi Spirulina untuk Penurunan Tingkat Cemaran Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dalam Fotobioreaktor Kontinyu*. Skripsi. Teknologi Agroindustri. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Rastogi, S. and U. N. Dwivedi. 2007. *Biomolecules (Introduction, Structure and Function) Porphyrin*. Departement Biology. Integral University
- Richmond, A. 1986. *CRC Handbook of Microalgal Mass Culture*. CRC Press, Inc. Florida. p. 199-244.
- Richmond, A. 2004. *Handbook of Microalgal Culture : Biotechnology and Applied Phycology*. Blackwell Science. 577 ha
- Rivkin, R. B. 1989. Influence of Irradiance and Spectral Quality on the Carbon Metabolism of Phytoplankton, Photosynthesis, Chemical Composition and Growth. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 55: 291-304.
- Riyono, S. H. 2007. Beberapa Sifat Umum Klorofil Fitoplankton. *Jurnal Oseana* Volume XXXII, No. 1, Hal. 23-31
- Setiari, N. dan Y, Nurchayanti. 2009. Eksplorasi Kandungan Klorofil pada Beberapa Sayuran Hijau sebagai Alternatif Bahan Dasar *Food Supplement*. *Jurnal Biologi* Vol. 11, No.1, Hal. 6-10

- Sterman, T. N. 1988. Spectrophotometric and Fluorometric Chlorophyll Analysis. *In*: Lobban, S. C., D.J. Chapman and B. P. Kremer. Experimental Phycology, A Laboratory Manual Cambridge University Press. New York. P.35-39.
- Suantika, G. dan D. Hendrawandi. 2009. Efektivitas Teknik Kultur Menggunakan Sistem Kultur Statis, Semi-Kontinyu, dan Kontinyu terhadap Produktivitas dan Kualitas Kultur *Spirulina* sp. Kelompok Keilmuan Ekologi dan Biosistemika. Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Suriadnyani, N. N., Aryani, N., Mastantra, K. dan Saifuddin. 2007. Kultur Massal Diatom sebagai Sediaan Pakan Alami pada Pembentukan Udang Windu (*Penaeus monodon*). Buletin Teknik Akuakultur VI (1).
- Susanna, D., Zakianis, E. Hermawati dan H. K. Adi. 2007. Pemanfaatan *Spirulina Platensis* sebagai Suplemen Protein Sel Tunggal (Pst) Mencit (*Mus Musculus*). Makara Kesehatan, Vol. 11, No. 1, Juni 2007: 44-49
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2010. Plant Physiology : Fifth Edition. <http://5e.plantphys.net>. 11 Desember 2013
- Utomo, N. B. P., Winarti dan A. Erlina. 2005. Pertumbuhan *Spirulina platensis* yang Dikultur dengan Pupuk Inorganik (Urea, ZA dan TSP) dan Kotoran Ayam. Jurnal Akuakultur Indonesia, 4 (1) : 41-48 (2005)
- Utomo, B. 2007. Fotosintesis Pada Tumbuhan. Karya Ilmiah. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan
- Vonshak, A. and A. Richmond .1988. Mass Production of the Blue-green Algae *Spirulina* : an Overview. The Microalgal Biotechnology Laboratory. The Jacob Blaustein Institute for Desert Research. Israel

LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses biosintesis klorofil



Biosintesis klorofil dimulai dari terbentuknya glutamic acid yang akan di ubah menjadi 5-aminolevulinic acid (ALA), kemudian 2 molekul ALA tersebut akan bergabung dan menjadi porphobilinogen (PBG). Dari 4 molekul PBG akan menjadi satu dan membentuk protoporphyrin IX. Magnesium kemudian ditambahkan di pusat molekul protoporphyrin IX menjadi monovinyl protochlorophyllide-a. Dengan penambahan NADP, cahaya matahari dan protochlorophyllide oxidoreductase akan merombak salah satu cincin agar dapat ditemplei *phytol tail* sehingga akan terbentuk klorofil (Taiz and Zeiger, 2010)

Lampiran 2. Hasil pengujian ANAVA dan Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan klorofil-a *Spirulina* sp.

Descriptives

Klorofil-a	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
					Merah	6		
Biru	6	3.9868	.93407	.38133	3.0066	4.9671	2.89	4.97
Putih	6	7.8663	3.97675	1.62350	3.6930	12.0397	1.60	12.39
Total	18	6.8232	3.11192	.73349	5.2756	8.3707	1.60	12.39

ANOVA

Klorofil-a	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	74.091	2	37.045	6.137	.011
Within Groups	90.538	15	6.036		
Total	164.629	17			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Klorofil-a

Duncan

Cahaya	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Biru	6	3.9868	
Putih	6		7.8663
Merah	6		8.6163
Sig.		1.000	.605

Lampiran 3. Hasil pengujian ANAVA dan Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan klorofil-b *Spirulina* sp.

Descriptives

klorofil b

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
Merah	6	13.8272	2.02392	.82626	11.7032	15.9511	12.20	17.44
Putih	6	12.3864	6.22568	2.54162	5.8529	18.9198	2.60	20.05
Biru	6	6.4284	1.52225	.62146	4.8309	8.0259	4.63	8.07
Total	18	10.8806	4.91394	1.15823	8.4370	13.3243	2.60	20.05

ANOVA

klorofil b

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	184.632	2	92.316	6.131	.011
Within Groups	225.863	15	15.058		
Total	410.495	17			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

klorofil b

Duncan

warna cahaya	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Biru	6	6.4284	
Putih	6		12.3864
Merah	6		13.8272
Sig.		1.000	.530

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 4. Data perhitungan klorofil a dan klorofil b *Spirulina* sp.

Perlak		Ulangan ke-					
		1	2	3	4	5	6
Merah	Kepadatan	103.609,34	113.800,43	163.906,5 8	127.388,5 4	121.443,7 4	127.388,5 4
	A664	0,606	0,687	1,298	0,719	0,812	0,881
	A647	0,340	0,439	0,499	0,271	0,347	0,571
	Klorofil-a	6,5734	6,5734	6,5734	6,5734	6,5734	6,5734
	Klorofil-b	10,6318	10,6318	10,6318	10,6318	10,6318	10,6318
	Klorofil-a /ekstrak (μg)	19,7201	22,0459	43,5662	24,1639	27,0524	28,2249
	Klorofil-b /ekstrak (μg)	31,8953	35,2749	72,0997	40,0274	44,5292	45,1036
	Klorofil-a /ekstrak (μmol)	0,0221	0,0247	0,0487	0,0270	0,0303	0,0316
	Klorofil-b /ekstrak (μmol)	0,0351	0,0388	0,0794	0,0441	0,0490	0,0497
	Klorofil-a /sel (μmol)	$7,664 \times 10^{-6}$	$7,80 \times 10^{-6}$	$10,7 \times 10^{-6}$	$7,63 \times 10^{-6}$	$8,97 \times 10^{-6}$	$8,92 \times 10^{-6}$
Klorofil-b /sel μmol	$12,2 \times 10^{-6}$	$12,3 \times 10^{-6}$	$17,4 \times 10^{-6}$	$12,4 \times 10^{-6}$	$14,5 \times 10^{-6}$	14×10^{-6}	
Biru	Kepadatan	147.346,07	99.363,06	112.101,9 1	117.197,4 5	109.129,5 1	119.745,2 2
	A664	0,491	0,217	0,317	0,432	0,241	0,445
	A647	0,166	0,110	0,138	0,174	0,126	0,273
	Klorofil-a	5,5373	2,3765	3,5155	4,8179	2,6320	4,7820
	Klorofil-b	9,2163	3,8717	5,7807	7,9552	4,2788	7,6789
	Klorofil-a /ekstrak (μg)	19,7201	22,0459	43,5662	24,1639	27,0524	28,2249
	Klorofil-b /ekstrak (μg)	31,8953	35,2749	72,0997	40,0274	44,5292	45,1036
	Klorofil-a /ekstrak (μmol)	0,0221	0,0247	0,0487	0,0270	0,0303	0,0316
	Klorofil-b /ekstrak	0,0305	0,0128	0,0191	0,0263	0,0141	0,0254

	(μmol)						
	Klorofil-a /sel (μmol)	$4,53 \times 10^{-6}$	$2,89 \times 10^{-6}$	$3,78 \times 10^{-6}$	$4,96 \times 10^{-6}$	$2,91 \times 10^{-6}$	$4,82 \times 10^{-6}$
	Klorofil-b /sel μmol	$7,43 \times 10^{-6}$	$4,63 \times 10^{-6}$	$6,13 \times 10^{-6}$	$8,07 \times 10^{-6}$	$4,66 \times 10^{-6}$	$7,63 \times 10^{-6}$

Putih	Kepadatan	236.093,42	267.515,92	181.740,9 8	239.065,8 2	203.821,6 6	206.434,4 3
	A664	1,978	0,319	0,927	2,213	1,238	1,081
	A647	0,892	0,132	0,589	0,974	0,748	0,684
	Klorofil-a	21,876	3,551	9,9223	24,5213	13,3257	11,5762
	Klorofil-b	35,9001	5,8550	15,8845	40,2972	21,4259	18,5390
	Klorofil-a /ekstrak (μg)	65,6279	10,6527	29,7670	73,5638	39,9771	34,7286
	Klorofil-b /ekstrak (μg)	107,7004	17,5649	47,6535	120,8916	64,2778	55,6171
	Klorofil-a /ekstrak (μmol)	0,0734	0,0119	0,0333	0,0823	0,0447	0,0388
	Klorofil-b /ekstrak (μmol)	0,118	0,0193	0,0525	0,1331	0,0708	0,0613
	Klorofil-a /sel (μmol)	$11,2 \times 10^{-6}$	$1,60 \times 10^{-6}$	$6,59 \times 10^{-6}$	$12,3 \times 10^{-6}$	$7,89 \times 10^{-6}$	$6,77 \times 10^{-6}$
	Klorofil-b /sel μmol	$18,1 \times 10^{-6}$	$2,60 \times 10^{-6}$	$10,4 \times 10^{-6}$	$20,0 \times 10^{-6}$	$12,5 \times 10^{-6}$	$10,7 \times 10^{-6}$

Lampiran 5. Contoh perhitungan kandungan klorofil *Spirulina* sp. tiap sel

Kandungan Klorofil-a Botol Merah 4

$$\begin{aligned}
 \text{Klorofil-a} &= 11,93 A_{664} - 1,93 A_{647} \\
 &= 11,93 (0,719) - 1,93 (0,271) \\
 &= 8,0546 \mu\text{g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mu\text{g klorofil dalam ekstrak} &= (\text{volume dalam ekstrak, ml})(\mu\text{g klorofil ml}^{-1}) \\
 &= 3\text{ml} \times 8,0546 \mu\text{g} \\
 &= 24,16339 \mu\text{g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mu\text{mol klorofil dalam ekstrak} &= \frac{\mu\text{g klorofil dalam absorbansi}}{\text{Berat molekul klorofil}} \\
 &= \frac{24,16339 \mu\text{g}}{894} \\
 &= 0,0270
 \end{aligned}$$

Berat molekul : chl-a = 894, chl-b = 908

$$\begin{aligned}
 \mu\text{mol klorofil dalam sel} &= \frac{\mu\text{mol klorofil dalam ekstrak}}{\text{jumlah sel dalam sampel}} \\
 &= \frac{0,0270}{127.388,54 \text{ sel/ml} \times 36 \text{ ml}} \\
 &= 7,6383 \times 10^{-6} \mu\text{mol/sel}
 \end{aligned}$$