



KANDUNGAN FIKOSIANIN, PROTEIN, DAN ANTIOKSIDAN *Spirulina platensis* YANG DITUMBUHKAN DALAM MEDIA DAN UMUR KULTIVASI BERBEDA

DITA AGUSTINA BARUS



DEPARTEMEN TEKNOLOGI HASIL PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2013

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



RINGKASAN

DITA AGUSTINA BARUS. Kandungan Fikosianin, Protein, dan Antioksidan *Spirulina platensis* yang Ditumbuhkan dalam Media dan Umur Kultivasi Berbeda. Dibimbing oleh IRIANI SETYANINGSIH dan KUSTIARIYAH TARMAN.

Spirulina platensis merupakan alga hijau biru yang mengandung nutrisi seperti protein, antioksidan, dan fikosianin yang bermanfaat bagi industri pangan, pakan, farmasi, dan industri lainnya. Kandungan nutrisi mikroalga dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain nutrisi dan umur. Nutrisi yang biasanya digunakan untuk menumbuhkan *S. platensis* adalah Walne dan Zarrouk, namun kendala yang ditemukan adalah harganya yang mahal sehingga perlu dicari media yang lebih murah. Penelitian ini bertujuan membandingkan pertumbuhan, menentukan kandungan protein, fikosianin, dan antioksidan *S. platensis* yang dikultivasi dalam media yang lebih murah dan dipanen pada umur yang berbeda.

Tahapan penelitian ini meliputi persiapan air untuk media kultur, kultivasi *platensis* dalam media (KT, MT, Walne) dan pemanenan pada umur pertumbuhan yang berbeda. Analisis yang dilakukan meliputi total protein, fikosianin dan antioksidan.

Perbedaan media dan umur panen memberikan pengaruh berbeda terhadap kandungan nutrisi yang diuji ($P < 0,05$). Total protein *S. platensis* yang dikultivasi dalam media Walne ($41,34 \pm 6,09\%$) dan MT ($42,34 \pm 4,12\%$) berbeda nyata dengan media KT ($23,20 \pm 4,65\%$). Kandungan fikosianin *S. platensis* yang dikultivasi dalam media Walne, MT, dan KT yang diekstraksi menggunakan akuades dan bufer fosfat berturut-turut adalah 7,49 mg/mL, 10,07 mg/mL, dan 0,71 mg/mL serta 6,68 mg/mL, 6,51 mg/mL, dan 1,77 mg/mL. Media Walne dan MT memberikan pengaruh berbeda nyata dengan media KT terhadap kandungan fikosianin. *Spirulina platensis* yang dikultivasi dalam media Walne, MT, dan KT memberikan pengaruh sama terhadap aktivitas antioksidan yang diinterpretasikan dengan nilai IC_{50} , yaitu masing-masing 1381,38 ppm, 2273,72 ppm, dan 4092,06 ppm.

Total protein *S. platensis* yang dipanen pada hari ke-6 ($22,28 \pm 6,42\%$), hari ke-14 ($35,69 \pm 5,50\%$), dan hari ke-17 ($27,23 \pm 5,50\%$) berbeda nyata dengan total protein yang dipanen pada hari ke-12 ($57,32 \pm 5,74\%$). Kandungan fikosianin *S. platensis* yang dipanen pada hari berbeda dan diekstraksi menggunakan akuades yaitu 2,70 mg/mL (hari ke-6), 10,42 mg/mL (hari ke-12), 8,14 mg/mL (hari ke-14), dan 3,09 mg/mL (hari ke-17), sedangkan yang diekstraksi menggunakan bufer sodium fosfat adalah 4,01 mg/mL (hari ke-6), 8,62 mg/mL (hari ke-12), 6,69 mg/mL (hari ke-14), dan 0,64 mg/mL (hari ke-17). Nilai IC_{50} aktivitas antioksidan *S. platensis* yang dipanen pada hari berbeda tidak berbeda nyata. Kandungan nutrisi *S. platensis* yang dikultivasi dalam media MT tidak berbeda nyata dengan media Walne, sehingga media MT dapat digunakan untuk menggantikan media Walne sebagai media pertumbuhan *S. platensis*. Pemanenan yang baik adalah pada hari ke-12.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



**KANDUNGAN FIKOSIANIN, PROTEIN, DAN ANTIOKSIDAN
Spirulina platensis YANG DITUMBUHKAN DALAM
MEDIA DAN UMUR KULTIVASI BERBEDA**

**DITA AGUSTINA BARUS
C34080052**

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Perikanan
pada
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI HASIL PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2013**

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul Skripsi : Kandungan Fikosianin, Protein, dan Antioksidan *Spirulina platensis* yang Ditumbuhkan dalam Media dan Umur Kultivasi Berbeda
Nama : Dita Agustina Barus
NIM : C34080052
Program Studi : Teknologi Hasil Perairan

Disetujui oleh

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Iriani Setyaningsih, MS
NIP : 19600925 198601 2 002

Dr. Kustiariyah Tarman, S.Pi, M.Si
NIP. 19750818 200501 2 001

Diketahui oleh

Ketua Departemen Teknologi Hasil Perairan

Dr. Ir. Ruddy Suwandi, MS, M.Phil.
NIP: 19580511 198503 1 002

Tanggal lulus:

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi "**Kandungan Fikosianin, Protein, dan Antioksidan *Spirulina platensis* yang Ditumbuhkan dalam Media dan Umur Kultivasi Berbeda**" adalah karya saya sendiri dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal dari kutipan dan karya diterbitkan maupun yang tidak diterbitkan dari penulis telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Bogor, Maret 2013

Dita Agustina Barus
C34080052

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di kota Kabanjahe pada tanggal 3 Agustus 1990, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara pasangan Ayah Jendamin Barus dan Ibu Terulin br Tarigan. Riwayat pendidikan yang telah ditempuh oleh penulis: jenjang Sekolah Dasar di SD Sint. Xaverius 1 Kabanjahe (1996-2002), Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Kabanjahe (2002-2005), Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Kabanjahe (2005-2008). Tahun 2008 penulis lulus masuk Institut Pertanian Bogor melalui jalur Undangan Seleksi Masuk IPB (USMI).

Selama dalam perkuliahan penulis aktif dalam beberapa organisasi yaitu Unit Kegiatan Mahasiswa Agrifarma (tanaman obat) (2009) sebagai anggota Food Processing Club (FPC) (2009-2011) di divisi produksi, Himpunan Mahasiswa Hasil Perikanan (Himasilkan) (2010-2011) di divisi kewirausahaan, Student Movement (2010) sebagai bendahara, Persekutuan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB (PF-FPIK) (2011-2012) sebagai sekretaris. Selama masa perkuliahan penulis juga menjadi asisten luar biasa mata kuliah Mikrobiologi Hasil Perairan (2011-2012), Ikhtiologi (2011-2012), Diversifikasi Hasil Perairan (2012), dan Limbah dan Hasil Samping Hasil Perairan (2012).

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, penulis melakukan penelitian yang berjudul **”Kandungan Fikosianin, Protein, dan Antioksidan *Spirulina platensis* yang Ditumbuhkan dalam Media dan Umur Kultivasi Berbeda”** di bawah bimbingan Dr. Ir. Iriani Setyaningsih, MS. dan Dr. Kustiariyah Tarman, S.Pi, M.Si.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



KATA PENGANTAR

Ucapan syukur dan terima kasihku kepada Tuhan Sang Maha Sutradara kehidupan yang selalu melimpahkan berkat dan rahmatNya selama saya, sebagai subjek penelitian melakukan perjalanan dalam penyelesaian penelitian dan skripsi ini. Terima kasih untuk segala tantangan dan rintangan yang diijinkan untuk saya lalui. Tanpa mengurangi rasa hormat, penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

- 1 Dr. Ir. Iriani Setyaningsih, MS dan Dr. Kustiariyah Tarman, S.Pi, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan banyak waktu untuk membimbing dan mengarahkan selama dalam penelitian,
- 2 Dr. Desniar, S.Pi, M.Si selaku dosen penguji,
- 3 Dr. Ir. Ruddy Suwandi, MS. M.Phil. selaku Ketua Departemen Teknologi Hasil Perairan,
- 4 Dr. Ir. Agoes M. Jacob, Dipl. Biol. selaku Komisi Pendidikan Departemen Teknologi Hasil Perairan yang banyak membagikan pengalaman hidup yang memotivasi penulis,
- 5 Semua staf yang ada di Departemen Teknologi Hasil Perairan: Bu Ema, Mas Ismail, Pak Ade, Mas Adi, Mba Lastri, Mba Dini dan lainnya atas bantuan yang sangat berharga,
- 6 Orang tua tercinta, Ayah Jendamin Barus dan Ibu Terulin br Tarigan serta saudara kandung Edy Syahputera Barus dan John Paul Barus atas semangat dan motivasi yang diberikan sehingga penulis selalu bangkit saat terjatuh,
- 7 Tim *Spirulina* (Desy, Diah, Dita Masluha, Oktarina, Trinita) terima kasih atas kebersamaannya selama ini,
- 8 Teman-teman THP 45 (Lidia, Elka, Maju, Lina, Ukon, Esa, Cecep, etc); THP 46, THP 47, Pascasarjana THP 2011 & 2012, dan juga teman-teman Yonm.

Bogor, Maret 2013

Dita Agustina Barus

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
Ⓒ PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Spirulina platensis</i> (<i>Arthrospira platensis</i>)	3
2.2 Fikosianin	4
2.3 Faktor-faktor yang Berpengaruh dalam Kultivasi <i>Spirulina platensis</i>	5
2.3.1 Nutrien	6
2.3.2 Suhu	7
2.4 Komponen Antioksidan	7
METODOLOGI	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Bahan dan Alat	10
3.3 Metode Penelitian	10
3.3.1 Persiapan air untuk media kultur	10
3.3.2 Kultivasi <i>S. platensis</i>	11
3.3.3 Ekstraksi fikosianin	13
3.4 Prosedur Analisis	14
3.4.1 Pengamatan pertumbuhan <i>S. platensis</i>	15
3.4.2 Analisis protein	15
3.4.3 Analisis fikosianin	16
3.4.4 Analisis antioksidan	16
3.5 Analisis Data	17
PEMBAHASAN	18
4.1 Kultivasi <i>Spirulina platensis</i>	18
4.2 Komposisi Kimia <i>Spirulina platensis</i>	22
4.2.1 Total protein <i>Spirulina platensis</i>	22
4.2.2 Kandungan fikosianin <i>Spirulina platensis</i>	25
4.2.3 Aktivitas antioksidan <i>Spirulina platensis</i>	28

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Ⓒ Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



5	KESIMPULAN DAN SARAN	31
	5.1 Kesimpulan	31
	5.2 Saran	31
	DAFTAR PUSTAKA	32
	LAMPIRAN	37

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR TABEL

	Halaman
1 Bobot biomassa <i>S. platensis</i> yang dikultivasi dalam media berbeda ..	20
2 Kandungan fosfat dan nitrat <i>S. platensis</i> yang dikultivasi dalam media berbeda dan dipanen pada umur berbeda.....	21
3 Total protein <i>S. platensis</i> yang dikultivasi dalam media berbeda	22
4 Total protein <i>S. platensis</i> yang dipanen pada umur berbeda	23
Kandungan fikosianin <i>S. platensis</i> dikultivasi dalam media berbeda dan dikestraksi menggunakan akuades	26
Kandungan fikosianin <i>S. platensis</i> yang dipanen pada umur berbeda dan dikestraksi menggunakan akuades	26
Kandungan fikosianin <i>S. platensis</i> yang dikultivasi dalam media berbeda dan dikestraksi menggunakan bufer sodium fosfat.....	27
Kandungan fikosianin <i>S. platensis</i> yang dipanen pada umur berbeda dan dikestraksi menggunakan bufer sodium fosfat	28
Nilai IC ₅₀ aktivitas antioksidan <i>S. platensis</i> yang dikultivasi dalam media berbeda	29
Nilai IC ₅₀ aktivitas antioksidan <i>S. platensis</i> yang dipanen pada umur berbeda	29

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1 Morfologi <i>Spirulina platensis</i>	4
2 Struktur α , β fikosianin <i>Spirulina platensis</i> pada resolusi 2,2 Å	4
3 Diagram alir penyediaan air untuk media kultur	11
4 Diagram alir proses penelitian	13
Diagram alir proses ekstraksi fikosianin	14
Diagram alir proses analisis protein	16
Pertumbuhan <i>S. platensis</i> yang dikultivasi dalam media berbeda	18
Kultur <i>S. platensis</i> selama pertumbuhan dalam media berbeda	20

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1 Media pertumbuhan <i>S. platensis</i>	38
2 Hasil uji ANOVA hubungan antara media dan umur <i>S. platensis</i> berpengaruh terhadap kandungan protein	39
Uji lanjut <i>Tukey</i> total protein <i>S. platensis</i> yang dikultivasi pada media berbeda	39
Uji lanjut <i>Tukey</i> total protein <i>S. platensis</i> yang dipanen pada umur berbeda	40
Hasil uji ANOVA hubungan antara media dan umur <i>S. platensis</i> berpengaruh terhadap kandungan fikosianin	40
Uji lanjut <i>Tukey</i> nilai IC_{50} aktivitas antioksidan <i>S. platensis</i> yang dikultivasi dalam media berbeda	40
Uji lanjut <i>Tukey</i> nilai IC_{50} aktivitas antioksidan <i>S. platensis</i> yang dikultivasi dalam media berbeda	40
Uji lanjut <i>Tukey</i> kandungan fikosianin <i>S. platensis</i> yang dikultivasi dalam media berbeda dan diekstraksi menggunakan akuades	41
Uji lanjut <i>Tukey</i> kandungan fikosianin <i>S. platensis</i> yang dipanen pada umur berbeda dan diekstraksi menggunakan akuades	41
10 Uji lanjut <i>Tukey</i> kandungan fikosianin <i>S. platensis</i> yang dikultivasi dalam media berbeda dan diekstraksi menggunakan bufer sodium fosfat.....	41
11 Uji lanjut <i>Tukey</i> kandungan fikosianin <i>S. platensis</i> yang dipanen pada umur berbeda dan diekstraksi menggunakan bufer sodium fosfat	41
12 Kurva standar total protein	42

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Spirulina merupakan alga hijau biru, berbentuk seperti filamen dan tipis. Ukuran *Spirulina* yang kecil, berbanding terbalik dengan manfaatnya yang sangat besar (*micro food macro blessing*) (Tietze 2004). *Spirulina* memiliki kandungan gizi yang lengkap, seperti protein mencapai 60-70%, delapan asam amino yang lengkap, mudah dicerna karena dindingnya tersusun dari protein dan gula kompleks, asam lemak, vitamin, dan antioksidan yang tinggi. Selain itu, *Spirulina* memiliki pigmen fikosianin yang merupakan antioksidan dan antiinflamatori, polisakarida yang memiliki efek antitumor dan antiviral, γ -asam linoleat (GLA) yang berfungsi dalam penurunan kolesterol (Spolaore *et al.* 2006). Ilmuwan Cina mencatat fikosianin yang menstimulasi hematopoiesis (pembentukan darah), menyaingi pengaruh dari hormon eritopoetin (epo) (Tietze 2004). Fikosianin bermanfaat sebagai antitumor (El-Baky 2003), sebagai antiinflamatori dan banyak manfaat dalam mencegah berbagai penyakit (Cheng *et al.* 2007).

Penggunaan *Spirulina* di berbagai industri mengakibatkan konsumsi *Spirulina* dari tahun ke tahun makin meningkat. Berbagai penelitian dan pengembangan telah dilakukan untuk memproduksi biomassa *Spirulina* sp. yang meliputi teknik kultur dalam berbagai skala produksi, optimasi kondisi lingkungan kultur, dan uji galur *Spirulina* sp. (Reinehr dan Costa 2006). Kultivasi *Spirulina* tidak membutuhkan lahan yang luas. Sebagai contoh, kultivasi pada lahan satu are (0,4646 hektar) *Spirulina* dapat memenuhi kebutuhan protein 400 orang, sedangkan kacang kedelai hanya mampu memenuhi 20 orang dan beras hanya dua orang dalam satu tahun (Tietze 2004).

Spirulina tumbuh di lingkungan basa. Hal ini merupakan alasan mengapa menanam *Spirulina* tidak memerlukan pestisida atau herbisida. Bercocok tanam *Spirulina* dalam jangka waktu yang panjang merupakan metode yang terbaik dan teraman untuk menghasilkan makanan sehat tanpa merusak lingkungan jika dibandingkan dengan tanaman lainnya. Tietze (2004) menyatakan bahwa *Spirulina* merupakan salah satu sumber makanan yang terkenal di Meksiko dan



Afrika sejak tahun 1524 serta merupakan makanan yang telah dipilih NASA sebagai sumber makanan di masa depan.

Spirulina dapat dikultivasi dalam media Walne maupun Zarrouk. Namun, media ini cukup mahal, sehingga perlu dicari media pertumbuhan *Spirulina* yang murah. Nutrien yang terkandung dalam media dapat mempengaruhi komposisi kimiawi mikroalga. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan media yang berbeda serta umur panen yang berbeda terhadap kandungan kimia (protein, fikosianin, dan antioksidan).

2 Tujuan

Membandingkan pertumbuhan *Spirulina platensis* dalam media dan umur kultur yang berbeda (MT, KT, Walne)

Menentukan total protein dan fikosianin *Spirulina platensis* dalam media dan umur kultur yang berbeda

Mengukur aktivitas antioksidan *Spirulina platensis* pada media dan umur kultur yang berbeda.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*)

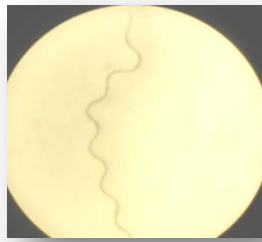
Spirulina platensis merupakan alga hijau biru fotoautotrof yang dapat ditemukan pada perairan tawar maupun laut, hidup di lingkungan basa (Ciferri 1983). Mikroalga ini telah lama digunakan sebagai sumber bahan makanan di Meksiko dan Afrika serta merupakan salah satu sumber makanan alami paling potensial baik untuk hewan dan manusia. Kandungan proteinnya yang tinggi mencapai 60-70% (basis kering) serta kandungan asam-asam amino *Spirulina* sesuai dengan rekomendasi badan pangan dunia FAO (Choi *et al.* 2003). *Spirulina* merupakan salah satu sumber pangan berpotensi, sebagai contoh satu are (0,4646 hektar) *Spirulina* dapat menghasilkan protein 20 kali lebih baik dari satu are kedelai atau jagung dan 200 kali lebih baik dari pada daging sapi. *Spirulina platensis* merupakan makanan sehat kualitas tinggi dengan kandungan protein, vitamin, mineral, asam lemak tidak jenuh, zeasantin, dan miksosantofil serta sudah dilaporkan berpotensi sebagai *pharmaceutical* (Li *et al.* 2003).

Spirulina ada di bumi sejak 3500 juta tahun lalu, berukuran 3,5-10 μm . Mikroorganisme ini mengandung asam-asam amino esensial, sepuluh vitamin, juga berkhasiat sebagai obat (terapeutik) serta memiliki kandungan klorofil yang tinggi, rata-rata tiga kali jumlah *green gold* (klorofil) dari tanaman hijau tingkat tinggi lainnya. Warna hijau yang pekat pada *Spirulina* berasal dari jumlah darah tanaman atau sering disebut dengan klorofil, dimana hanya satu molekul yang membedakan dengan darah manusia dan substansi itu sangat penting dalam makanan sehat. Selain itu pula, *Spirulina* memiliki pigmen fikosianin yang merupakan antioksidan dan antiinflamatori, polisakarida yang memiliki efek antitumor dan antiviral, γ -asam linoleat (GLA) dari *Spirulina* dapat berfungsi dalam penurun kolesterol serta mampu menurunkan efek immunoglobulin (IgE) secara cepat (Spolaore *et al.* 2006).



Klasifikasi *Spirulina* oleh Komarek (2006) adalah sebagai berikut:

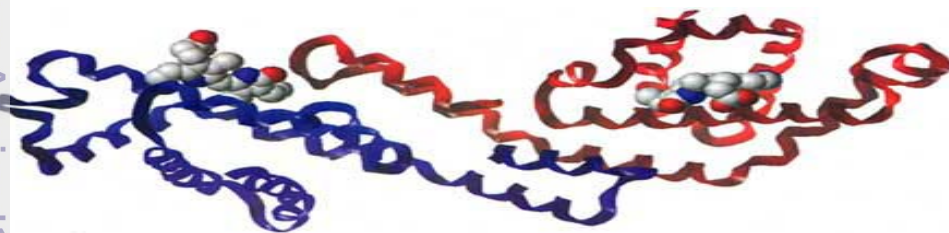
Kingdom	: Protista
Divisi	: Cyanophyta
Kelas	: Cyanophyceae
Ordo	: Nostocales
Famili	: Oscilatoriaceae
Genus	: <i>Spirulina</i>



Gambar 1 Morfologi *Spirulina platensis*

2.2 Fikosianin

Fikosianin adalah pigmen biru gelap yang dihasilkan dari ekstraksi, memiliki kandungan antioksidan dan antiinflamatori (Benedetti *et al.* 2004), antikarsinoma atau antikanker (El-Baky 2003), antibakteri dan antijamur (Abedin dan Taha 2008), *antihyperalgesic* (Shih *et al.* 2009), pencegah hepatitis (Gonzalez *et al.* 2003). Fikosianin merupakan senyawa protein yang termasuk ke dalam kelompok fikobilliprotein seperti allofikosianin dan fikoeritrin. Seluruh kelompok fikobilliprotein bersifat larut air dan membentuk senyawa fikobilosom yang melekat pada membran tilakoid. Fikosianin merupakan pigmen fotosintetik utama pada *Spirulina* disamping peranannya sebagai penyimpan cadangan nitrogen dan asam amino (Arlyza 2005). Struktur fikosianin dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Struktur α , β fikosianin *Spirulina platensis* pada resolusi 2,2 Å (Brejc K 1995 dalam Romay *et al.* 2003)

Umumnya, fikobiliprotein tersusun dari kromofor-polipeptida, subunit alfa dan beta yang memiliki bobot kira-kira 20 kDa (Abalde *et al.* 1998). Fikobilisom sianobakteri *Spirulina* sp. tersusun atas allofikosianin (APC) pada bagian intinya dan dikelilingi oleh c-fikosianin (CPC). C-fikosianin adalah fikobiliprotein utama pada *Spirulina* dan tersusun sampai 20% dari berat kering *Spirulina* (Jaouen *et al.* 1999). Allofikosianin memiliki panjang gelombang λ_{AMAX} 650-655 nm, pada keadaan seimbang $\alpha_3\beta_3$ pH netral, sementara CPC panjang gelombang λ_{AMAX} 610-620 nm, ditemukan pada keadaan larutan seimbang $\alpha_3\beta_3$, polimer hexa $\alpha_6\beta_6$ dan oligomer lainnya (Silva *et al.* 2009).

Fikosianin memiliki nilai komersial yang tinggi, dengan harga di pasar mencapai 10-50 juta US\$ per *annum* (Bhaskar *et al.* 2005). Fikosianin merupakan pewarna biru yang alami, digunakan sebagai pewarna makanan untuk permen karet, *sherbet ice*, minuman ringan, permen dan kosmetik seperti lipstik dan *eyeliner* serta dalam jumlah sedikit juga bisa digunakan sebagai pengusutan biokimia dalam menguji immunoassai dengan memanfaatkan floresensnya (Selveira *et al.* 2007), memperbaiki sistem absorpsi tubuh.

3.3 Faktor-Faktor yang Berpengaruh dalam Kultivasi *Spirulina*

Faktor – faktor utama yang mengatur produksi biomassa *Spirulina* adalah nutrien, suhu, dan cahaya (Borowitzka M dan Borowitzka L 1988). Rasio pertumbuhan mikroalga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti beberapa faktor biologi (konsentrasi biomassa dan yield) dan variabel fisika-kimia (pH, suhu, iradiasi dan nutrien) (Olguin *et al.* 2001) dan kualitas air (Suantika dan Hendrawati 2009). Kultivasi mikroalga mudah dilakukan, hanya nutrien yang sederhana yang perlu disediakan seperti amonium atau nitrat, fosfat, dan kandungan metal dalam jumlah sedikit, dan paling penting adalah karbondioksida (Jansen 2002).

3.1 Nutrien

Alkalinitas yang tinggi sangat menentukan dalam pertumbuhan *Spirulina*, hal ini ditunjukkan dengan pH optimum pertumbuhannya yaitu antara 8,3 sampai

11,0 (Zarouk 1966 dalam Richmond 1988). Jika ditumbuhkan dalam alkalinitas yang rendah, maka akan langsung terkontaminasi alga yang lain.

Nitrat merupakan sumber nitrogen utama *Spirulina*, tetapi garam-garam amonium dapat digunakan selama konsentrasi NH_4^+ kurang dari 100 mg/L. Urea dapat digunakan tanpa ada efek pada pH 8,4 selama konsentrasi kurang dari 1,5 g/L. Diantara elemen-elemen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan alga, ada beberapa hal yang menjadi faktor pembatas. Dugaan ini pertama kali diperkenalkan oleh von Liebig lebih dari satu abad yang lalu. Pernyataan von Liebig adalah jika salah satu nutrien tidak ada atau kurang, maka pertumbuhan tanaman menjadi tidak baik, walaupun salah satu nutrien berlebih. Nutrien itu didefinisikan dengan “keterbatasan nutrien” (Andersen 2005).

Nitrogen merupakan unsur pokok yang dibutuhkan dalam pembentukan peptida, protein, enzim, klorofil, transfer energi (ATP dan ADP), material genetik (RNA dan DNA), dan penyusun unsur pokok lainnya. Nitrogen memiliki banyak bentuk kimia, baik organik maupun inorganik, di atmosfer, biosfer, hidrosfer, dan litosfer dan dapat ditemukan dalam bentuk gas, cairan (larut dalam air), dan fase padat. Nitrogen dapat digabungkan dengan karbon (jenis organik) dan elemen lain selain karbon (inorganik) (Barsanti dan Gualteri 2005).

Perbandingan yang sering dalam media pertumbuhan fitoplankton adalah 106C:16N:1P atau 6,7C:1N. Ketika pH kultur meningkat menjadi 9 atau lebih, itu dapat mengindikasikan bahwa karbon membatasi pertumbuhan. Spesies tersebut dapat menggunakan bikarbonat untuk bertumbuh, sementara beberapa spesies lain lebih tergantung pada CO_2 dalam penurunan rasio pertumbuhan (Andersen 2005).

Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) berfungsi sebagai kelator/bufer logam (unsur mikronutrien) yang banyak digunakan pada kultur alga air tawar dan laut. Penggunaan EDTA berfungsi untuk mendukung pertumbuhan alga. Pada media air tawar, bufer EDTA lebih efektif karena kandungan kalsium yang lebih rendah sehingga kompetisi antara kalsium dan logam lainnya lebih rendah (Andersen 2005).

Pertumbuhan fitoplankton tidak hanya tergantung pada ketersediaan makronutrien esensial (nitrogen, karbon, fosfor, silikon) dan ion-ion utama (Na^+ ,

K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , dan SO_4^{2-}) tetapi juga pada sejumlah mikronutrien logam (Fe, Mn, Zn, Co, Cu, dan Mo) dan juga selenium. Makronutrien dan ion-ion utama mudah larut dan tidak toksik (kecuali amonium) dan jika tersedia dalam jumlah yang banyak seperti HCO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Cl^- , dan SO_4^{2-} dalam media air laut dan air tawar (atau dapat ditambahkan dalam jumlah yang banyak) (misalnya fosfat, nitrat dan silika) untuk mendukung pertumbuhan alga dengan cepat. Tetapi sebaliknya, banyak elemen seperti Cu, Zn, dan Co serta Fe dalam bentuk ferrioksida bersifat toksik pada konsentrasi yang tinggi (Rich dan Morel 1990 dalam Andersen 2005).

2.3.2 Suhu

Spirulina adalah alga mesofilik. Berdasarkan observasi yang dilakukan oleh Richmond (1988), kultur di dalam laboratorium (*indoor*) melaporkan bahwa suhu optimum pertumbuhan *Spirulina* antara 35 dan 37°C dan akan berbahaya jika mencapai suhu 40°C. Sedangkan kultur di luar laboratorium (*out door*), kenaikan suhu hingga mencapai 39°C selama beberapa jam tidak menimbulkan efek yang berbahaya.

Suhu minimum yang masih ditoleransi pertumbuhan *Spirulina* yaitu 20°C di bawah suhu optimum, sekitar suhu 18°C. Di luar ruangan, ketika suhu maksimum menurun sampai di bawah 12°C, kondisi kultur akan menurun. Sebaliknya, *Spirulina* dapat mentoleransi suhu malam yang rendah (Richmond, Vonshak dan Arak 1980 dalam Richmond 1988).

Pertumbuhan alga akan terganggu jika cahaya yang diberikan terlalu sedikit dan terlalu banyak. Pencahayaan dapat dilakukan secara terus menerus atau mengikuti siklus terang gelap (Andersen 2005).

4 Komponen Antioksidan

Antioksidan merupakan komponen di dalam makanan yang memegang peranan penting dalam menjaga kesehatan. Fakta ilmiah membuktikan bahwa antioksidan mampu mengurangi resiko penyakit kronis seperti kanker dan penyakit hati. Sumber utama antioksidan adalah kacang-kacangan, buah-buahan, dan sayur-sayuran. Sumber antioksidan pada tumbuh-tumbuhan seperti vitamin C,

vitamin E, karoten, asam fenolik, pitat dan fitoestrogen telah dikenal berpotensi mengurangi resiko penyakit. Kebanyakan komponen antioksidan dalam sumber makanan diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan memiliki kelompok komponen yang bervariasi secara struktur fisika dan kimia. Seperti galat, memiliki aktivitas antioksidan yang kuat sementara monofenol memiliki aktivitas antioksidan yang lemah (Praskah *et al.* 2003).

Karakteristik utama antioksidan adalah kemampuannya menangkap radikal bebas. Tingginya radikal bebas yang reaktif dan singlet oksigen berasal dari sistem biologis. Radikal bebas ini dapat mengoksidasi asam nukleat, protein, lemak, atau DNA dan dapat menimbulkan penyakit degeneratif. Komponen antioksidan seperti asam fenolik, polifenol dan flavonoid menangkap radikal bebas seperti peroksida, hidroperoksida atau lemak peroksil dan menghambat mekanisme oksidatif yang dapat menimbulkan penyakit degeneratif. Beberapa metode analisis yang digunakan untuk menguji aktivitas penangkal radikal bebas yaitu: radikal 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), radikal anion superoksida (O_2^-), radikal hidroksil (OH), atau radikal peroksil (ROO). (Praskah *et al.* 2003).

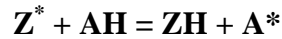
Salah satu parameter yang sudah dikenal untuk menginterpretasikan aktivitas antioksidan pada metode DPPH adalah konsentrasi penghambatan atau *inhibition concentration* 50% (IC_{50}). Nilai tersebut menggambarkan besarnya konsentrasi senyawa uji yang dapat menangkap radikal sebesar 50%. Persamaan kurva standar ditentukan dari persen penghambatan sebagai sumbu y dan konsentrasi fraksi antioksidan sebagai sumbu x (Molyneux 2004).

2.4.1 Larutan 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)

Nama IUPAC DPPH di(phenyl)-(2,4,6-trinitrophenyl)iminoazanium nama lain 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, memiliki formula $C_{18}H_{12}N_5O_6$, dengan massa molar 394,32 g/mol. Penampakan DPPH yaitu berbentuk bubuk berwarna hitam kehijauan dan berwarna ungu jika dilarutkan sehingga memiliki ikatan absorpsi yang kuat pada 520 nm, dan berubah warna menjadi kuning muda ketika ternetralisasi. Densitas DPPH 1,4 g/cm³. DPPH memiliki dua aplikasi utama yaitu untuk reaksi kimia yang berkaitan dengan radikal dan lainnya sebagai standar lerak dan intensitas signal resonansi elektron paramagnetik (EPR) (Ahmad 2012).



Mekanisme pengikatan DPPH sebagai radikal bebas oleh zat antioksidan yaitu jika larutan DPPH ditambahkan pada bahan yang mengandung antioksidan, intensitas warna ungu larutan DPPH akan menurun menjadi kekuningan sesuai dengan konsentrasi dan daya hambat bahan yang mengandung antioksidan. Reaksinya ialah sebagai berikut:



dimana Z^* adalah radikal bebas DPPH dan AH adalah molekul pendonor (Molyneux 2004).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

3 METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari – September 2012 di Laboratorium Bioteknologi Hasil Perairan-2, Laboratorium Mikrobiologi Hasil Perairan, Laboratorium Genetika Budidaya Perairan, dan Laboratorium Produktivitas Lingkungan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah air laut, air tawar, inokulum *S. platensis* yang berasal dari Laboratorium Pakan Alami, Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara. Bahan kimia yang digunakan yaitu NaOCl (klorin), $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_3$ (natrium thiosulfat), akuades, bufer sodium fosfat 10 mM pH 7, larutan NaOH 4%, larutan Na_2CO_3 20%, larutan Na-K-Tartrat 20%, dan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 5%, bovin serum albumin (BSA), Folin-Ciocalteu-fenol, bahan penyusun media Walne, media Zarrouk teknis modifikasi Hastuti (MT), media Zarrouk teknis modifikasi LIPI (KT) (Lampiran 1).

Alat-alat yang digunakan untuk kultivasi meliputi *water quality meter* (WQM), filter, lampu UV, toples, selang, aerator, luxmeter, *timer*. Alat-alat untuk analisis meliputi oven (Yamato dv-41), desikator, sentrifuse (sentrifuse select a-fuge-24), *shaker* (Wiggen Hausen), pH meter, spektrofotometer (UV-Vis RS UV-2500), timbangan digital, corong kaca, dan alat gelas lainnya.

3.3 Metode Penelitian

Tahapan penelitian ini meliputi persiapan air untuk media kultivasi, kultivasi *S. platensis*, sedangkan analisisnya meliputi analisis total protein, ekstraksi flavonoid, flavonoid, antioksidan, serta analisis data.

3.3.1 Persiapan air untuk media kultur

Persiapan air meliputi penyaringan, penurunan salinitas, dan sterilisasi air laut. Penyaringan dilakukan dengan menggunakan filter berdiameter 50 μm . Penurunan salinitas air laut sampai 15 ppt dilakukan dengan menambahkan air tawar dan diukur menggunakan WQM. Proses penyediaan air laut dapat dilihat pada Gambar 3. Rumus perhitungan penambahan air tawar adalah:

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

keterangan:

V_1 : volume air laut V_2 : volume total (air laut ditambah air tawar)

M_1 : salinitas air laut yang terukur M_2 : salinitas yang diinginkan

Air laut yang sudah diturunkan salinitasnya, disterilisasi dengan menambahkan NaOCl 60 ppm dan diaerasi selama 24 jam. Setelah itu, NaOCl yang ditambahkan dinetralisasi dengan menggunakan $Na_2C_2O_3$ 20 ppm dan diaerasi selama 24 jam. Perhitungan penambahan NaOCl sebagai berikut:

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

keterangan:

V_1 : volume NaOCl yang diinginkan V_2 : volume total air 15 ppt

M_1 : konsentrasi awal NaOCl (10%) M_2 : konsentrasi yang diinginkan (60 ppm)

Sedangkan penambahan tiosulfat mengikuti rumus:

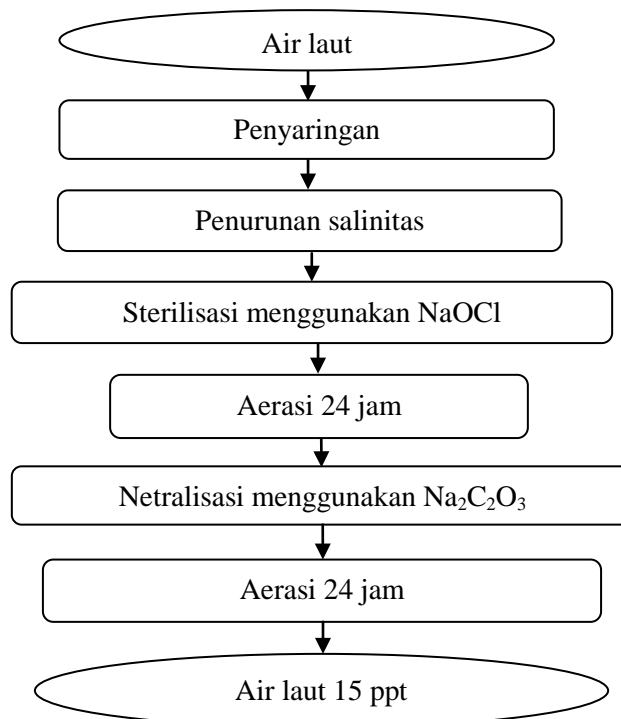
$$n = \frac{m}{V}$$

keterangan:

n : konsentrasi natrium thiosulfat yang ingin ditambahkan 20 ppm

m : bobot natrium thiosulfat yang diperlukan

V : volume total air 15 ppt



Gambar 3 Diagram alir penyediaan air untuk media kultur

3.3.2 Kultivasi *S. platensis*

Kultivasi *S. platensis* dilakukan dalam tiga media berbeda, yaitu media Walne, media Zarrouk teknis modifikasi Hastuti (MT)*, dan media Zarrouk teknis modifikasi LIPI (KT)* (komunikasi pribadi dengan Hastuti 2011).

1) **Kultivasi dalam Media Walne**

Media Walne merupakan media umum yang digunakan dalam kultivasi *platensis* mengandung makronutrien dan mikronutrien yang lengkap. Komposisi media Walne dapat dilihat pada Lampiran 1. Media Walne yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Pakan Alami BBPBAP Jepara yang sudah tersedia dalam bentuk cairan. Takaran penggunaan media adalah 1 mL/L dan konsentrasi bibit yang digunakan adalah 10% dari total kultur, aerasi terus menerus, dan intensitas cahaya yang diberikan adalah 3000 lx mengacu pada penelitian Diharmi (2001). Kandungan fikosianin, protein, dan antioksidan biomassa kultur diukur pada hari ke-6, 12, 14, dan 17.

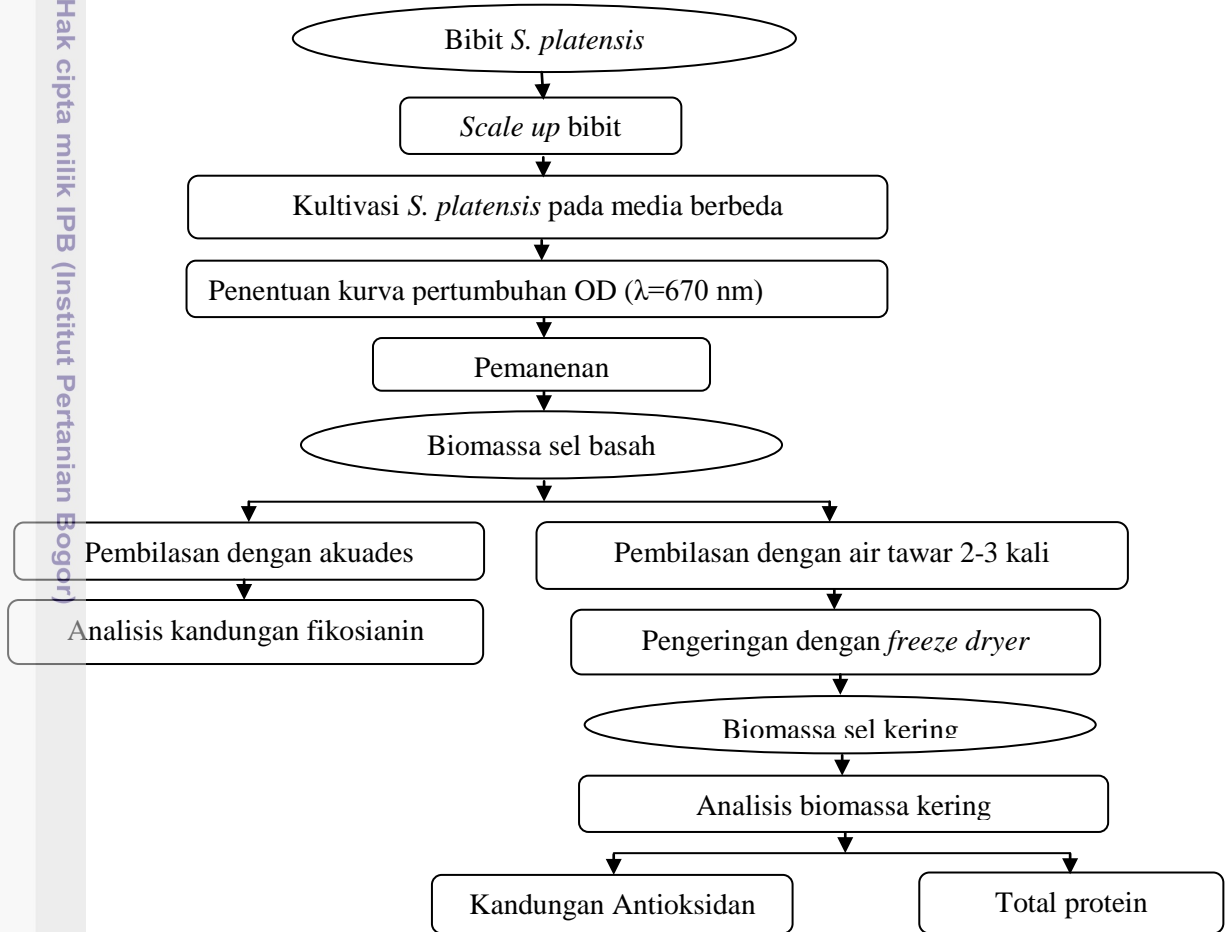
Kultivasi dalam Media Zarrouk Teknis Modifikasi Hastuti (MT)

Media MT merupakan media Zarrouk teknis modifikasi Hastuti (komunikasi pribadi dengan Hastuti 2011). Komposisi media MT (kecuali NaHCO_3) dilarutkan masing-masing dalam 100 mL H_2O destilasi dengan cara dipekatkan menjadi 100 kali lipat dari kebutuhan per liter, ditempatkan dalam botol 150 mL dan disterilisasi sebagai stok media. Takaran pemakaian masing-masing media adalah 1 mL dalam 1 L kultur. Sodium bikarbonat (NaHCO_3) dilarutkan terlebih dahulu dalam larutan kultur dan dilanjutkan penambahan media lainnya. Kultur MT dilakukan dalam tiga toples bening, aerasi terus menerus, disinari cahaya lampu TL (*tube lamp*) dengan intensitas 3000 diatur lx selama 18 jam menyala dan 6 jam gelap. Kandungan fikosianin, protein, dan antioksidan biomassa kultur diukur pada hari ke-6, 12, 14, dan 17.

Kultivasi dalam Media Zarrouk Teknis Modifikasi LIPI (KT)

Media KT merupakan media Zarrouk teknis yang dimodifikasi oleh LIPI (komunikasi pribadi dengan Hastuti 2011). Persiapan media KT sama dengan media MT, dimana masing-masing komposisi dilarutkan dalam 100 mL H_2O destilasi dengan dipekatkan 100 kali lipat dari kebutuhan per liter, ditempatkan dalam botol 150 mL dan disterilisasi untuk dijadikan sebagai stok. Pemakaian

masing-masing media adalah 1 mL dalam 1 L kultur. Bahan NaHCO₃ dilarutkan terlebih dahulu pada media kultur dan dilanjutkan pemasukan media lainnya. Setelah itu, dilakukan pemasukan bibit sebanyak 10%. Kultur KT dilakukan dalam tiga toples bening, aerasi terus menerus, disinari cahaya lampu TL (*tube lamp*) dengan intensitas 4000 lx selama 18 jam menyala dan 6 jam gelap. Kandungan fikosianin, protein, dan antioksidan biomassa kultur diukur pada hari ke-6, 12, 14, dan 17. Proses penelitian disajikan pada Gambar 4.

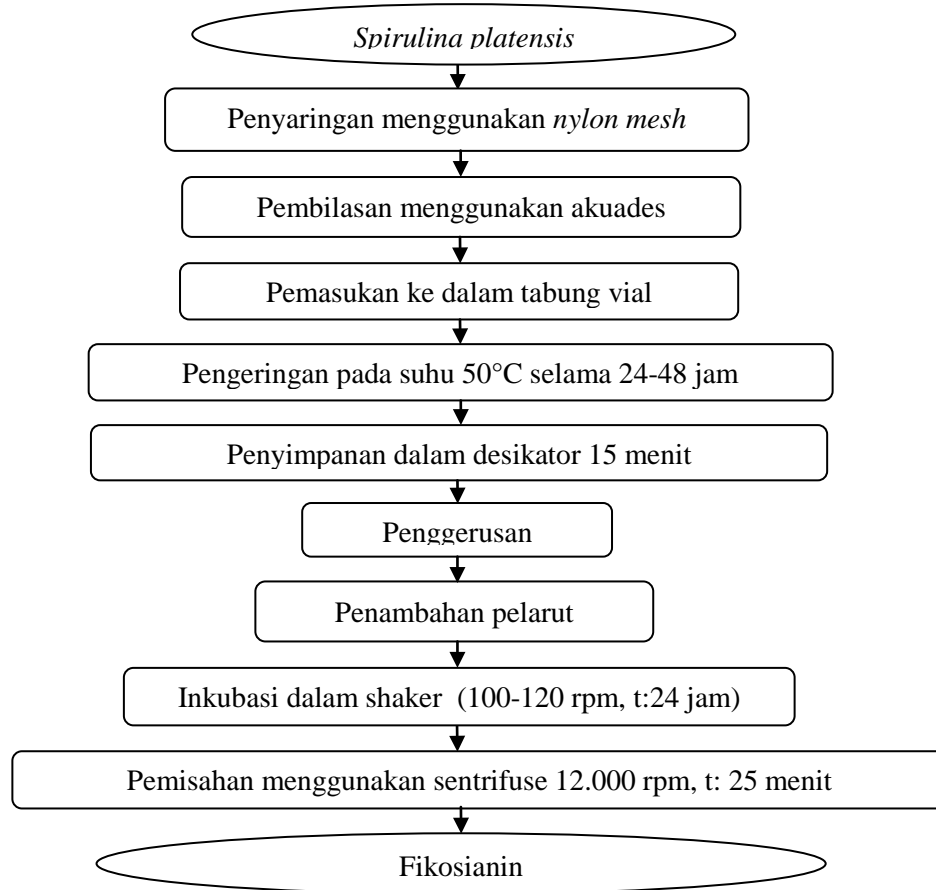


Gambar 4 Diagram alir proses penelitian

3.3.3 Ekstraksi fikosianin (Silveira *et al.* 2007)

Sebanyak 50 mL *S. platensis* disaring menggunakan *nylon mesh*, dibilas menggunakan akuades 2-3 kali dimasukkan ke dalam tabung vial. Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama ±24-48 jam. Ekstraksi fikosianin menggunakan pelarut berbeda, yaitu air destilasi (akuades) dan bufer sodium fosfat 10 mM (pH 7,0).

Spirulina platensis kering digerus dan ditambahkan bufer sodium fosfat dan akuades, masing-masing 1 mL untuk 0,04 g berat kering sampel. Sampel dihomogenkan menggunakan *shaker* 100-120 rpm selama ± 24 jam pada suhu ruang setelah itu dipisahkan antara endapan dan supernatan dengan menggunakan sentrifuse dengan kecepatan 12.000 rpm selama 15 menit dan diperoleh fikosianin. Diagram alir ekstraksi fikosianin dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram alir ekstraksi fikosianin

4.4 Prosedur Analisis

Prosedur analisis pada penelitian ini meliputi: pengamatan pertumbuhan *S. platensis*, analisis fikosianin, analisis protein, dan analisis antioksidan.

4.4.1 Pengamatan pertumbuhan *S. platensis*

Pengamatan pertumbuhan harian mengacu pada metode Silveira *et al.* (2007). Pertumbuhan *S. platensis* diamati dengan mengukur nilai rapat optis atau *optical density* (OD) menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang

$\lambda = 670$ nm. Sebanyak 10 mL sampel diambil menggunakan pipet volumetrik yang aseptik, dimasukkan dalam tabung reaksi dan diukur menggunakan spektrofotometer sesuai dengan *standard operational procedure* (SOP) yang berlaku. Data yang diperoleh diplotkan dalam kurva pertumbuhan.

3.4.2 Analisis total protein

Analisis total protein mengacu pada metode Lowry *et al.* (1951). Larutan yang diperlukan dalam analisis total protein adalah larutan standar, Cu-alkalin, dan Folin-Ciocalteu-fenol. Larutan standar yang digunakan adalah bovin serum albumin (BSA).

Prosedur pembuatan larutan standar adalah sebagai berikut :

Bovin serum albumin (BSA) sebagai standar protein yang digunakan, ditimbang sebanyak 50 mg,

Bovin serum albumin (BSA) tersebut dilarutkan menggunakan 100 mL akuades dalam botol reagen dan disimpan pada suhu 0°C. Catatan: larutan standar harus diperbaharui setiap bulan.

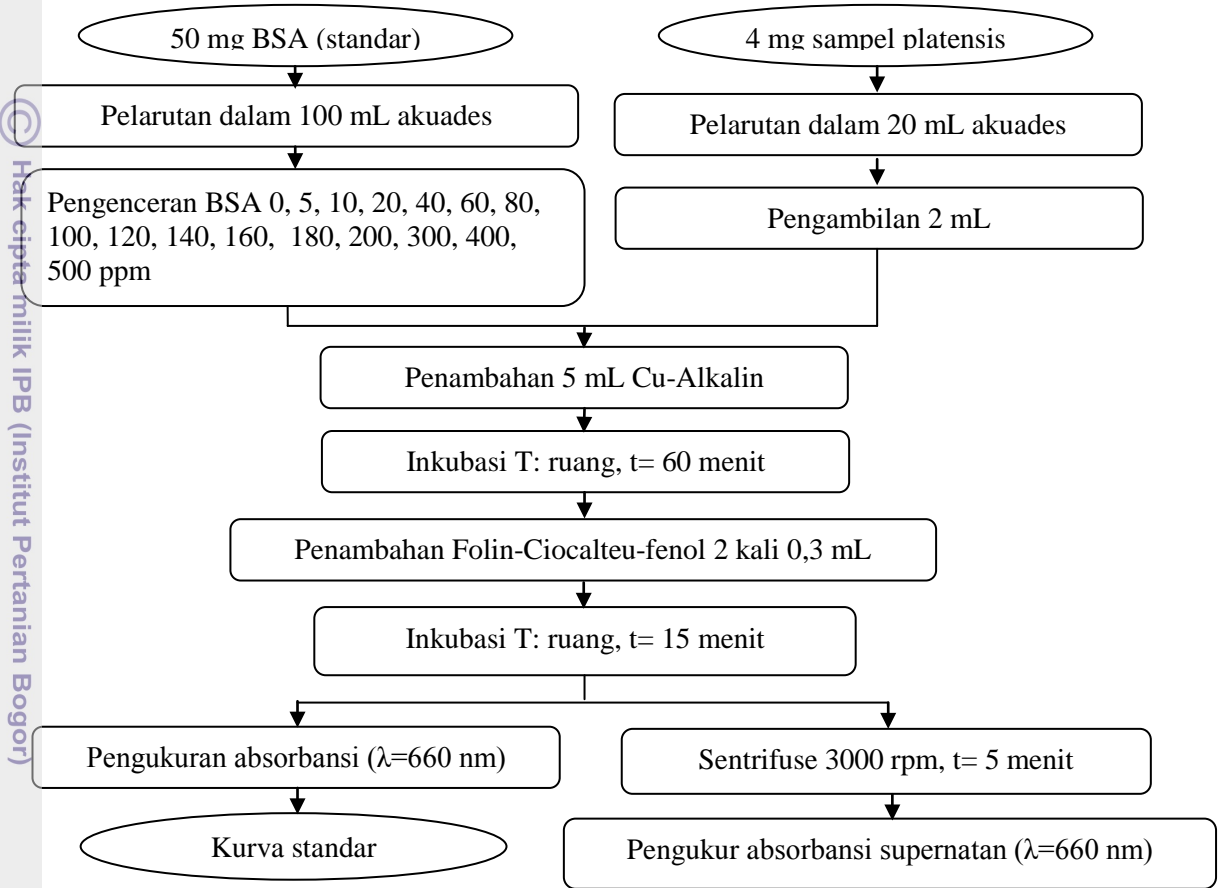
Prosedur pembuatan larutan Cu-alkalin adalah sebagai berikut:

Menyiapkan larutan NaOH 4%, larutan Na₂CO₃ 20%, larutan Na-K-Tartrat 20%, dan larutan CuSO₄.5H₂O 5%. Larutan-larutan ini dapat digunakan dalam kurun waktu 1 bulan,

- 2 Larutan Cu-alkalin dibuat dengan mencampurkan 20 mL larutan NaOH 4% ditambah 10 mL larutan Na₂CO₃ 20% ditambah akuades hingga volume tepat 100 mL ditambah 1 mL larutan Na-K-Tartrat 20% dan 1 mL larutan CuSO₄.5H₂O 5%. Larutan Cu-alkalin harus dibuat baru setiap kali akan dianalisis.

Penentuan total protein diawali dengan menimbang 4 mg sampel kering pada masing-masing umur panen lalu dilarutkan dalam 20 mL akuades (200 ppm) kemudian diambil sebanyak 2 mL ke dalam tabung sentrifuse bermuatan 10 mL. Lalu ditambahkan larutan Cu-alkalin volume 5 mL ke dalam setiap sampel dan pada satu seri standar (0, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 300, 400, 500 ppm). Sampel dan standar dibiarkan selama 1 jam pada suhu ruang kemudian ditambahkan 2 kali 0,3 mL Folin-Ciocalteu-fenol. Sampel didiamkan selama 15 menit pada suhu ruang lalu disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm

selama 5 menit. Supernatan diambil dan diukur pada panjang gelombang 660 nm. Untuk mendapatkan nilai total protein, nilai absorbansi yang didapat dimasukkan ke persamaan regresi linier yang didapat dari kurva standar BSA. Diagram alir analisis protein dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Diagram alir proses analisis protein

3.4.3 Analisis fikosianin

Fikosianin yang sudah diekstraksi diencerkan sesuai dengan masing-masing pelarut dan diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 615 nm dan 652 nm. Konsentrasi fikosianin (PC) dihitung dengan persamaan Bennet dan Bogoard (1973), yaitu:

$$PC = \frac{(OD\ 615) - 0,474 (OD\ 652)}{5,34}$$

4.3 Analisis Antioksidan

Pengujian aktivitas antioksidan *S. platensis* dilakukan menggunakan radikal bebas yang stabil yaitu DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) mengacu pada

metode Molyneux (2004). Konsentrasi bahan yang disediakan yaitu 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0 mg/mL. Semua stok solusi dilarutkan dalam metanol p.a. Sebanyak 2,25 mL sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambah larutan 0,25 mL DPPH 1 mM. Analisis dilakukan secara duplo. Blanko disediakan dengan mencampur metanol dan DPPH dengan perbandingan yang sama seperti sampel. Tabung reaksi tersebut diinkubasi dalam suhu 37°C selama 30 menit dan diukur absorbansi pada $\lambda=517$ nm. Absorbansi yang rendah menunjukkan tingginya penangkal radikal bebas. Besarnya aktivitas penangkal radikal bebas ditentukan dengan menggunakan rumus (%) = $((AA-AB) \times 100)$; dimana AA adalah absorbansi blanko dan AB adalah absorbansi sampel.

5 Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan percobaan dua faktor (Walpole 1995). Faktor pertama adalah perbedaan media tumbuh *S. platensis*, terdiri atas media Walne, MT, dan KT. Faktor kedua adalah perbedaan umur panen, terdiri dari hari ke-6, hari ke-12, hari ke-14, dan hari ke-17. Kedua faktor tersebut diuji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap total protein, fikosianin, dan antioksidan. Analisis data dilakukan dengan *Analysis of Variant* (ANOVA) pada selang kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Perlakuan yang berpengaruh terhadap respon, selanjutnya diuji lanjut *Tukey*. Model RAL, dengan percobaan dua faktor adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \Sigma_{ijk}$$

keterangan;

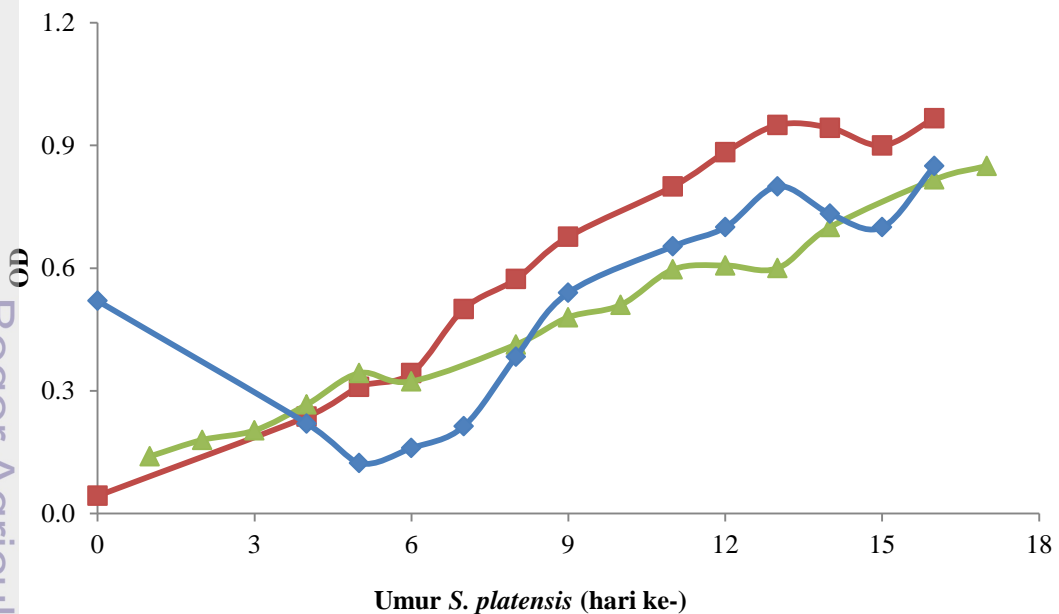
- μ : rata-rata umur panen
- α_i : respon dari media ke-i, media ke-j, ulangan ke-k
- β_j : pengaruh dari media ke-i (1 = Walne, 2 = MT, 3 = KT)
- $\alpha_i\beta_j$: pengaruh dari umur panen ke-j (1 = hari ke-6, 2 = hari ke-12, 3 = hari ke-14, 4 = hari ke-17)
- $(\alpha\beta)_{ij}$: pengaruh dari interaksi media ke-i dan umur ke-j

4 PEMBAHASAN

4.1 Kultivasi *Spirulina platensis*

Kultivasi *S. platensis* dilakukan dalam toples kaca berdiameter 15 cm dan ditempatkan di dalam laboratorium yang terhindar dari cahaya matahari. Intensitas cahaya yang digunakan pada penelitian ini adalah 4000 lx untuk *S. platensis* yang dikultivasi dalam media KT dan 3000 lx untuk kultur dalam media MT. Berdasarkan komunikasi pribadi dengan Hastuti (2011) intensitas cahaya terbaik untuk pertumbuhan *S. platensis* dalam media KT adalah 4000 lx sedangkan MT adalah 3000 lx. Intensitas cahaya yang diberikan pada kultur yang dikultivasi dalam media Walne mengacu pada penelitian Diharmi (2001) yaitu 3000 lx. Pencahayaan dilakukan dengan menggunakan lampu TL 40 W dan dilakukan penyinaran selama 18 jam terang dan 6 jam gelap, salinitas 15 ppt.

Pertumbuhan merupakan peningkatan jumlah sel dan komponen esensial dalam siklus hidup (Sunatmo 2009). Pertambahan sel *S. platensis* diamati setiap 4 jam dengan mengukur OD dan diplotkan dalam kurva pertumbuhan ditunjukkan dengan pertambahan sel *S. platensis*. Pertumbuhan *S. platensis* dalam ketiga media dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Pertumbuhan *S. platensis* yang dikultivasi selama 17 hari dalam media berbeda. —■— MT, —▲— Walne, —◆— KT

Spirulina platensis yang dikultivasi dalam media Walne, MT, dan KT memiliki pola pertumbuhan sama. Pertumbuhan ditunjukkan dengan pertambahan nilai OD, dimana semakin tinggi nilai OD menunjukkan sel yang semakin padat. Nilai OD kultur dalam media MT lebih tinggi dibandingkan media lainnya pada hari yang sama. Hal ini diduga sumber nitrogen yang digunakan adalah $(\text{NH}_4)_2\text{CO}$ (urea) 0,13 g/L dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (ZA) 0,06 g/L cepat larut dalam air sehingga cepat dimanfaatkan oleh mikroalga untuk proses metabolisme. Hal ini sesuai pernyataan Leiwakabessy dan Sutandi (2004) bahwa nitrogen dalam ammonium sulfat (ZA) dan urea cepat larut dalam air. Hal ini didukung juga oleh Choi *et al.* (2003) yang melaporkan bahwa *S. platensis* yang dikultivasi dalam media urea sebagai sumber nitrogen memiliki rasio pertumbuhan spesifik yang lebih tinggi dibandingkan kultur dengan sumber nitrogen ammonium, nitrat, dan nitrit.

Kepadatan sel mikroalga yang dikultivasi dalam media KT berfluktuatif tetapi lebih tinggi dibandingkan kepadatan sel mikroalga yang dikultivasi dalam media Walne. Hal ini diduga karena pengaruh sodium bikarbonat yang tidak larut sempurna dalam media KT. Aerasi terus menerus menyebabkan sodium bikarbonat terbawa saat pengambilan sampel sehingga berpengaruh dalam pengukuran kerapatan sel. Munawar (2007) melaporkan bahwa natrium bikarbonat (sodium bikarbonat) yang dilarutkan dalam air cenderung mengendap.

Aerasi terus menerus menyebabkan endapan terus teraduk sehingga kultur terlihat lebih keruh. Siregar (2012) melaporkan bahwa meningkatnya kekeruhan akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan, dan akan mengurangi daya ikat energi cahaya matahari yang menghambat proses fotosintesis sehingga populasi zooxanthella di perairan akan berkurang. *Spirulina platensis* dalam 3 media dapat dilihat pada Gambar 8.

Pengaruh media terhadap pertumbuhan *S. platensis* juga dapat dilihat berdasarkan bobot biomassa. Pemanenan *S. platensis* dalam penelitian ini dilakukan dengan metode filtrasi menggunakan *nylon mesh* dan dibilas menggunakan air tawar 2-3 kali. Perbandingan bobot biomassa *S. platensis* yang dikultivasi dalam ketiga media disajikan pada Tabel 1.

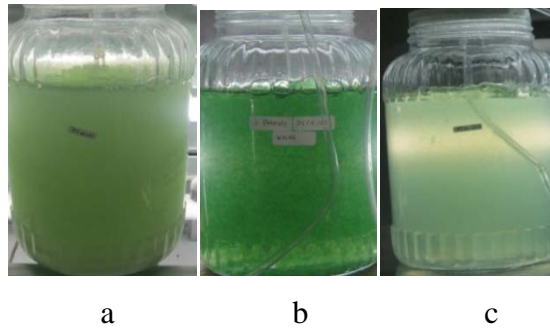
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memungut dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 8 Kultur *S. platensis* selama pertumbuhan dalam media KT (a), Walne (b), MT (c)

Tabel 1 Bobot biomassa *S. platensis* yang dikultivasi dalam media berbeda

Waktu panen	Media	Bobot biomassa (g/L)		
		Walne	MT	KT
Hari ke-6		1,75	1,90	0,32
Hari ke-12		-	3,25	4,89
Hari ke-14		2,12	4,07	9,93
Hari ke-17		3,37	4,88	6,44

Keterangan : MT (Media Zarrouk teknis modifikasi Hastuti)

KT (Media Zarrouk teknis modifikasi LIPI)

Bobot biomassa *S. platensis* yang dikultivasi dalam media Walne dan MT meningkat secara konsisten tetapi tidak demikian halnya dengan *S. platensis* yang dikultivasi dalam media KT. Secara umum, biomassa *S. platensis* yang dikultivasi dalam media KT lebih tinggi dibandingkan dalam media Walne dan MT, sedangkan nilai kepadatan sel (OD) *S. platensis* yang dikultivasi dalam media MT lebih tinggi dibandingkan KT. Hal ini diduga karena sodium bikarbonat terbawa saat pemanenan sehingga mempengaruhi bobot biomassa. Salah satu faktor yang mempengaruhi jumlah sel yang terbentuk adalah nutrien. Soletto *et al.* (2005) dalam hasil penelitiannya melaporkan bahwa sumber nitrogen dari urea menghasilkan biomassa yang lebih banyak daripada sumber nitrogen dari amonium sulfat. Hal ini juga sesuai dengan BBPPPPP (2010) yang melaporkan bahwa peningkatan dosis urea berpengaruh terhadap persentase butir hijau beras karena memperpanjang fase vegetatif sehingga pembentukan anakan baru terus terjadi.

Pertumbuhan mikroalga juga ditentukan berdasarkan kandungan fosfat dan nitrat. Kandungan fosfat dan nitrat media tumbuh *S. platensis* pada umur berbeda disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kandungan fosfat dan nitrat dalam media tumbuh *S. platensis*

Waktu panen Media	Fosfat (ppm)			Nitrat (ppm)		
	Walne	MT	KT	Walne	MT	KT
Hari ke-0	0,142	0,348	0,214	0,187	0,247	0,156
Hari ke-6	0,348	0,144	0,408	0,424	0,341	0,471
Hari ke-12	0,757	0,410	0,219	0,572	-0,004	-0,008
Hari ke-14	0,761	0,377	0,256	0,671	-0,007	-0,001
Hari ke-17	0,619	0,210	0,449	0,521	-0,009	-0,005

Keterangan : MT (Media Zarrouk teknis modifikasi Hastuti)
 KT (Media Zarrouk teknis modifikasi LIPI)

Kandungan fosfat media Walne pada hari ke-0 sampai hari ke-14 cenderung meningkat, tetapi mengalami penurunan pada hari ke-17. Kandungan fosfat media MT dan KT cenderung berfluktuasi berkisar antara 0,144-0,449 ppm. Kandungan fosfat dalam kultur dipengaruhi oleh sumber dan konsentrasi fosfat dalam media. Sumber fosfat media KT adalah K_2HPO_4 , media MT adalah Na_2HPO_4 , dan media Walne adalah NaH_2PO_4 .

Kandungan nitrat media kultur dalam media Walne cenderung meningkat sampai hari ke-14 tetapi mengalami penurunan pada hari ke-17. Kandungan nitrat kultur dalam media MT dan KT meningkat sampai hari ke-6 dan mengalami penurunan sampai hari ke-17. Kandungan nitrat kultur yang dikultivasi dalam media Walne pada hari ke-12 sampai hari ke-17 memiliki nilai negatif diduga karena kandungan nitrat kultur sudah habis dimanfaatkan. Hal ini dipengaruhi oleh konsentrasi dan sumber nitrogen dalam media. Sumber nitrogen dalam media Walne adalah NH_4NO_3 sedangkan sumber nitrogen dalam media MT dan KT adalah urea ($(NH_4)_2CO$) dan ZA ($(NH_4)_2SO_4$). Fluktuasi nitrat dalam kultur diduga dipengaruhi oleh aktivitas penyerapan unsur hara oleh mikroalga dan juga fiksasi N. Hal ini sesuai dengan pernyataan oleh Sammana (2006) bahwa fluktuasi fosfat dan nitrat pada air diduga adanya proses fiksasi perubahan bentuk N (amonifikasi dan nitrifikasi). Proses fiksasi N yang terjadi sangat dipengaruhi oleh parameter fisika kimia air seperti suhu, pH, salinitas dan DO. Flores *et al.* (2005)

melaporkan bahwa sianobakter merupakan organisme yang mampu mereduksi nitrat menjadi nitrit dan mampu menangkap dari udara.

4.2 Komposisi Kimia *S. platensis*

Spirulina platensis merupakan mikroalga yang mengandung nutrisi yang tinggi seperti protein, β -karoten, vitamin A, γ -linolenic acid (GLA) (Spolaore *et al.* 2006), antioksidan, antibakteri, dan antijamur (Abedin dan Haha 2008).

4.2.1 Total protein *S. platensis*

Total protein *S. platensis* berbeda dengan telur dan susu khususnya asam amino-asam amino seperti metionin, sistein, dan lisin. Total protein yang tinggi dan memiliki sel tunggal, peneliti mengatakan bahwa *S. platensis* dapat dipergunakan sebagai sumber protein sel tunggal (PST) dalam konsentrasi dan jangka waktu tertentu (Susanna *et al.* 2007).

Total protein *S. platensis* yang dikultivasi dalam media Walne, MT, dan KT disajikan pada Tabel 3, sedangkan total protein *S. platensis* yang dipanen pada hari yang berbeda disajikan pada Tabel 4. Perbedaan media dan umur panen memberikan pengaruh berbeda ($P < 0,05$) terhadap total protein namun tidak ada interaksi antara kedua faktor tersebut sehingga dilakukan uji lanjut masing-masing faktor.

Tabel 3 Total protein *S. platensis* yang dikultivasi dalam media berbeda

Media	Total protein (%) (bobot kering)
Walne	41,34 \pm 6,09 ^a
MT	42,34 \pm 4,12 ^a
KT	23,20 \pm 4,65 ^b

Keterangan : *Superscript* menunjukkan hasil ANOVA, huruf berbeda menunjukkan hasil berbeda nyata ($P < 0,05$); MT (Media Zarrouk teknis modifikasi Hastuti); KT (Media Zarrouk teknis modifikasi LIPI)

Total protein *S. platensis* yang dikultivasi dalam media Walne sama dengan total protein dalam media MT, namun berbeda nyata dengan total protein dalam media KT ($P < 0,05$). Total protein mikroalga yang dikultivasi dalam media Walne tinggi, diduga karena konsentrasi nitrogen yang tersedia dalam bentuk nitrat (NH_4NO_3) tinggi. Kandungan protein *S. platensis* dalam media MT juga tinggi

karena $(\text{NH}_4)_2\text{CO}$ dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ yang digunakan sebagai sumber N bersifat cepat larut dalam air sehingga cepat dimanfaatkan mikroalga untuk berfotosintesis.

Total protein *S. platensis* yang dikultivasi dalam media KT lebih rendah. Hal ini diduga berkaitan dengan kandungan karbon yang tersedia dalam sodium bikarbonat tinggi, 16,8 g/L. Adanya sodium bikarbonat yang terus teraduk menyebabkan kultur dalam media KT keruh sehingga menghambat penetrasi cahaya, akibatnya cahaya yang diterima sel tidak maksimal. Penetrasi cahaya yang terhambat menyebabkan terhambatnya proses fotosintesis sehingga pembentukan biomolekul pun terhambat. Hal ini sesuai dengan Siregar (2012) yang menyatakan bahwa meningkatnya kekeruhan akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan, dan akan mengurangi daya ikat energi cahaya matahari yang menghambat proses fotosintesis sehingga populasi zooxanthella di perairan akan berkurang.

Tabel 4 Total protein *S. platensis* yang dipanen pada waktu panen berbeda

Waktu panen	Total protein (%) (bobot kering)
Hari ke-6	22,28 ± 6,42 ^a
Hari ke-12	57,32 ± 5,74 ^b
Hari ke-14	35,69 ± 5,50 ^a
Hari ke-17	27,23 ± 5,50 ^a

Keterangan: *Superscript* menunjukkan hasil ANOVA, huruf berbeda menunjukkan hasil berbeda nyata ($P < 0,05$)

Total protein *S. platensis* tertinggi pada hari ke-12, yaitu sebesar 57,32±5,74%. Berdasarkan uji lanjut *Tukey*, total protein pada hari ke-12 berbeda nyata dengan total protein pada hari ke-6, hari ke-14, dan hari ke-17. *Spirulina platensis* mengalami pertumbuhan yang cepat. Hal ini dapat dilihat dengan peningkatan nilai OD yang cepat. Hari ke-0 sampai hari ke-11 diduga berada pada fase eksponensial dan hari ke-12 sampai hari ke-14 diduga berada pada fase akhir eksponensial. Peningkatan nilai OD menunjukkan peningkatan jumlah sel dalam kultur. Peningkatan jumlah sel merupakan hasil terjadinya metabolisme melalui proses fotosintesis yang menghasilkan energi dalam bentuk ATP.

Total protein *S. platensis* pada hari ke-6 lebih kecil jika dibandingkan dengan hari ke-12, karena sel yang terbentuk masih sedikit, yang ditunjukkan



dengan OD dan biomassa lebih rendah. Hari ke-12 diduga berada pada fase akhir eksponensial. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Kumar *et al.* (2011)^a yang menunjukkan bahwa jumlah sel dan kandungan fikobiliprotein *S. platensis* tertinggi berada pada puncak eksponensial (hari ke-25). Berkaitan dengan hal tersebut, Suminto (2009) menyatakan bahwa pada fase eksponensial, pertumbuhan terjadi secara eksponensial, aktivitas metabolisme tetap berlangsung, pembelahan sel masih terus berlangsung dan populasi sel bertambah menjadi dua kalinya. Suantika dan Hendrawati (2009) melaporkan bahwa fase eksponensial terjadi ketika nutrisi, pH, dan intensitas cahaya dalam medium masih dapat memenuhi kebutuhan fisiologis *Spirulina* sp. sehingga pada fase ini sel masih memiliki kemampuan bereproduksi dan populasi masih bertambah. Pertambahan populasi diduga akan meningkatkan total protein.

Hari ke-14 diduga berada pada fase stasioner. Fase stasioner merupakan akhir dari produksi biomassa. Kondisi ini dapat digambarkan sebagai suatu grafik pertumbuhan yang konstan. Utomo *et al.* (2005) menyatakan bahwa dalam fase stasioner tidak terjadi penambahan jumlah sel lagi karena laju pertumbuhan seimbang dengan laju kematian. Fase berikutnya adalah penurunan pertumbuhan yang ditandai dengan menurunnya jumlah sel. Pertumbuhan populasi terus berkurang seiring dengan waktu kultur dan laju kematian lebih tinggi dari laju pertumbuhan (fase kematian).

Jansen (2002) menyatakan bahwa mikroalga termasuk sianobakter, memiliki kemampuan untuk menangkap energi cahaya dan foton serta mengubahnya menjadi energi kimia. Bagian dasar yang berperan adalah fotosistem. Reaksi fotosintesis terdapat dua jenis fotosistem yaitu fotosistem II dan I. Fotosistem II terjadi reduksi sitrokrom dan oksidasi H₂O menjadi O₂. Fotoreaksi I terjadi reoksidasi sitokrom dan reduksi NADPH. Selama proses transpor elektron dari H₂O menuju NADPH, fraksi energi cahaya mensintesis ATP dari ADP dan fosfat anorganik. Reaksi fotosistem dijalankan oleh spektrum cahaya yang berbeda, yaitu fotosistem II yang bekerja pada panjang gelombang 680 nm dan fotosistem I pada panjang gelombang 700 nm. Cahaya yang berasal dari lampu TL sebenarnya merupakan sebaran cahaya dalam bentuk horizontal dari semua spektrum, yaitu spectrum ungu dan ultra ungu sampai merah dan infra merah (Hadioetomo 1993).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Proses fotosintesis melibatkan siklus Calvin. Hasil siklus Calvin berupa fosfogliseraldehida (*triose P*) pada tahap I dan kemudian dikonversi ke dalam bentuk isomer fruktosa-6P. Fosforilasi kedua menghasilkan fruktosa-1,6 bifosfat menjadi 2 molekul C_3 , gliseraldehida-3P dan isomernya dihidroksiaseton-P yang akan dikonversi menjadi gliseraldehida-3P. Pada tahap ini memanfaatkan ATP, selanjutnya masuk pada reaksi redoks. Pada reaksi redoks terjadi pembentukan ATP. Energi yang diperoleh dalam bentuk ATP digunakan untuk membentuk polimer, melalui polimerisasi membentuk makromolekul seperti protein, asam nukleat, sintesis lipid, dan polisakarida.

Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kandungan protein. Suhu kultur dipengaruhi oleh intensitas cahaya dari lampu TL. Intensitas cahaya kultur yang dikultivasi dalam media KT sebesar 4000 lx dan posisinya lebih dekat ke lampu. Hal ini diduga meningkatkan suhu kultur dibandingkan kultur dalam media MT dan Walne yang masing-masing 3000 lx. Oliveira *et al.* (1999) melaporkan hasil penelitiannya bahwa total protein semakin menurun dengan semakin meningkatnya suhu, yaitu 71,56% pada suhu 20°C, 64,08% pada suhu 25°C, dan 64,35% pada suhu 30°C.

4.2.2 Kandungan fikosianin *S. platensis*

Fikosianin adalah pigmen biru pada *S. platensis*. Fikosianin dihasilkan melalui proses ekstraksi biomassa *S. platensis*. Ekstraksi untuk memisahkan fikosianin dari *S. platensis* dapat dilakukan menggunakan dua pelarut, yaitu akuades dan bufer sodium fosfat.

Ekstraksi merupakan suatu proses yang secara selektif mengambil zat terlarut dari campuran dengan bantuan pelarut. Proses ekstraksi dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh ekstrak murni atau ekstrak yang hanya terdiri dari satu komponen tunggal (Achmadi 1992).

Kandungan fikosianin *S. platensis* yang diekstraksi menggunakan akuades

Ekstraksi menggunakan akuades termasuk dalam metode ekstraksi dengan cara *aqueous phase*. Akuades merupakan bahan pelarut yang bersifat polar. Senyawa polar dapat melarutkan senyawa polar, senyawa organik, dan garam dari

asam maupun basa organik (Achmadi 1992). Kandungan fikosianin *S. platensis* yang dikultivasi dalam media Walne, MT, dan KT disajikan pada Tabel 5, sedangkan kandungan fikosianin *S. platensis* yang dipanen pada hari berbeda disajikan pada Tabel 6. Perbedaan media dan umur panen *S. platensis* memberikan pengaruh berbeda ($P < 0,05$) terhadap kandungan fikosianin namun tidak ada interaksi antara kedua faktor tersebut. Selanjutnya dilakukan uji lanjut *Tukey* untuk melihat faktor yang berbeda nyata.

Tabel 5 Kandungan fikosianin *S. platensis* yang dikultivasi dalam media berbeda

Media	Kandungan fikosianin (mg/mL)
Walne	7,49 ^a
MT	10,07 ^a
KT	0,71 ^b

Keterangan: *Superscript* menunjukkan hasil ANOVA, huruf berbeda menunjukkan hasil berbeda nyata ($P < 0,05$); MT (Media Zarrouk teknis modifikasi Hastuti); KT (Media Zarrouk teknis modifikasi LIPI)

Tabel 6 Kandungan fikosianin *S. platensis* yang dipanen pada waktu berbeda

Waktu panen	Kandungan fikosianin (mg/mL)
Hari ke-6	2,70 ^a
Hari ke-12	10,42 ^b
Hari ke-14	8,14 ^{ab}
Hari ke-17	3,09 ^a

Keterangan: *Superscript* menunjukkan hasil ANOVA, huruf berbeda menunjukkan hasil berbeda nyata ($P < 0,05$); MT (Media Zarrouk teknis modifikasi Hastuti); KT (Media Zarrouk teknis modifikasi LIPI)

Kandungan fikosianin *S. platensis* yang dikultivasi dalam media Walne dan MT tidak berbeda nyata tetapi berbeda nyata dengan media KT ($P < 0,05$). Kandungan fikosianin pada media KT lebih sedikit diduga karena pertumbuhan *S. platensis* yang lambat. Achmadi *et al.* (2002) mengatakan bahwa pertumbuhan lambat pada konsentrasi DO yang tinggi disertai dengan turunnya kandungan biopigmen. Kandungan fikosianin *S. platensis* yang dipanen pada hari ke-6 tidak berbeda nyata dengan hari ke-14 dan hari ke-17, tetapi berbeda nyata dengan pemanenan pada hari ke-12. Kandungan fikosianin pada hari ke-12 tidak berbeda nyata dengan hari ke-14. Berdasarkan data diatas direkomendasikan pemanenan yang baik adalah hari ke-12 karena hari yang lebih singkat dan kandungan

fikosianin yang dihasilkan lebih tinggi jika dibandingkan dengan pemanenan pada hari ke-14.

b) Kandungan fikosianin *S. platensis* yang diekstraksi menggunakan bufer sodium fosfat

Ekstraksi menggunakan bufer fosfat termasuk metode ekstraksi dengan cara *organic phase*. *Organic phase* dilakukan dengan pelarut organik yang dapat melarutkan senyawa organik (Achmadi 1992). Kandungan fikosianin *S. platensis* yang dikultivasi dalam media Walne, MT, dan KT disajikan pada Tabel 7, sedangkan kandungan fikosianin *S. platensis* yang dipanen pada umur berbeda disajikan pada Tabel 8.

Tabel 7 Kandungan fikosianin *S. platensis* yang dikultivasi dalam media berbeda

Media	Kandungan fikosianin (mg/mL)
Walne	6,68 ^a
MT	6,51 ^a
KT	1,77 ^b

Keterangan: *Superscript* menunjukkan hasil ANOVA, huruf berbeda menunjukkan hasil berbeda nyata ($P < 0,05$); MT (Media teknis modifikasi Hastuti); KT (Media teknis modifikasi LIPI)

Kandungan fikosianin *S. platensis* yang dikultivasi dalam media Walne dan MT tidak berbeda nyata tetapi berbeda nyata dengan media KT ($P < 0,05$). Perbedaan kandungan fikosianin berkaitan dengan penggunaan intensitas cahaya. Intensitas cahaya *S. platensis* yang dikultivasi dalam media Walne dan MT adalah 3000 lx menghasilkan fikosianin yang tidak berbeda nyata. Intensitas cahaya *S. platensis* yang dikultivasi dalam media KT adalah 4000 lx dan menghasilkan fikosianin yang lebih rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya optimum pertumbuhan *S. platensis* adalah 3000 lx. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Kumar *et al.* (2011)^a yang menyatakan bahwa intensitas cahaya merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam pembentukan fikosianin. Konsentrasi fikosianin (PC) pada kultur dengan intensitas cahaya 3000 lx lebih besar dibandingkan pada intensitas cahaya lebih besar 3000 lx yaitu $1 \pm 0,35\%$, sedangkan PC pada kultur dengan intensitas cahaya lebih besar 3000 lx sebesar $5,38 \pm 0,42\%$. Kultur dengan intensitas cahaya lebih dari 3000 lx

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

Bogor Agricultural University

mengandung karotenoid yang lebih tinggi dibandingkan kandungan fikosianin dan klorofil.

Tabel 8 Kandungan fikosianin *S. platensis* yang dipanen pada waktu panen berbeda

Waktu panen	Kandungan fikosianin (mg/mL)
Hari ke-6	4,012 ^{bc}
Hari ke-12	8,615 ^c
Hari ke-14	6,685 ^{bc}
Hari ke-17	0,639 ^a

Peterangan: *Superscript* menunjukkan hasil ANOVA, huruf berbeda menunjukkan hasil berbeda nyata ($P < 0,05$)

Kandungan fikosianin *S. platensis* yang dipanen pada hari ke-12 berbeda nyata dengan yang dipanen pada hari ke-17 tetapi tidak berbeda nyata dengan hari ke-6 dan hari ke-14 ($P < 0,05$). Kandungan fikosianin *S. platensis* pada hari ke-17 paling kecil dibandingkan hari panen lainnya. Pola kandungan fikosianin dalam media dan umur berbeda menggunakan pelarut bufer sodium fosfat dan akuades adalah sama. Hal ini diduga karena pelarut yang digunakan memiliki sifat yang sama. Achmadi (1992) menyatakan bahwa akuades dan bufer sodium fosfat dapat melarutkan senyawa organik. Kekuatan ion dan pH berpengaruh dalam ekstraksi fikosianin (Selveira *et al.* 2007). Akuades dan bufer sodium fosfat memiliki pH yang sama yaitu 7 sehingga menghasilkan fikosianin yang tidak berbeda nyata.

4.2.3 Aktivitas antioksidan *S. platensis*

Senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan, yaitu senyawa yang mampu mencegah atau menghambat radikal bebas yang menyebabkan kerusakan pada sel tubuh (Christiana *et al.* 2008). Parameter untuk menginterpretasikan aktivitas antioksidan pada metode DPPH adalah *inhibition concentration* 50% (IC_{50}). Aktivitas antioksidan ditunjukkan dengan perubahan warna violet radikal bebas DPPH menjadi kekuningan karena berikatan dengan *S. platensis* yang memiliki aktivitas antioksidan (Molyneux 2004). Peningkatan daya hambat *S. platensis* terhadap radikal bebas, berbanding lurus dengan konsentrasi *S. platensis*.

Nilai IC_{50} aktivitas antioksidan *S. platensis* yang dikultivasi dalam media *Valne*, MT, dan KT disajikan pada Tabel 9, sedangkan nilai IC_{50} aktivitas antioksidan *S. platensis* yang dipanen pada umur berbeda disajikan pada Tabel 10.

Perbedaan media dan waktu panen kultur tidak memberikan pengaruh ($P < 0,05$) terhadap aktivitas antioksidan.

Tabel 9 Nilai IC_{50} aktivitas antioksidan *S. platensis* yang dikultivasi dalam media berbeda

Media	Nilai IC_{50}
Walne	1381,381 ^a
MT	2273,724 ^a
KT	4092,062 ^a

Keterangan: *Superscript* menunjukkan hasil ANOVA, huruf berbeda menunjukkan hasil berbeda nyata ($P < 0,05$); MT (Media teknis modifikasi Hastuti); KT (Media teknis modifikasi LIPI)

Tabel 10 Nilai IC_{50} aktivitas antioksidan *S. platensis* yang dipanen pada waktu panen berbeda

Waktu panen	Nilai IC_{50}
Hari ke-6	3467,971 ^a
Hari ke-12	1854,736 ^a
Hari ke-14	2405,162 ^a
Hari ke-17	1517,502 ^a

Keterangan: *Superscript* menunjukkan hasil ANOVA, huruf berbeda menunjukkan hasil berbeda nyata ($P < 0,05$); MT (Media Zarrouk teknis modifikasi Hastuti); KT (Media Zarrouk teknis modifikasi LIPI)

Aktivitas antioksidan *S. platensis* yang dikultivasi dalam media berbeda hasilnya tidak berbeda nyata, demikian juga halnya dengan aktivitas antioksidan yang dipanen pada umur yang berbeda. Romay *et al.* (2003) dalam penelitiannya yang pernah dilakukan, beberapa kandungan *S. platensis* yang berperan sebagai antioksidan yaitu fikosianin dan klorofil, sedangkan hasil penelitian Wang *et al.* (2007) kandungan yang berperan adalah flavonoid, β -karoten, vitamin A dan α -tokoferol. Wang *et al.* (2007) melaporkan bahwa perbedaan jenis spesies *Spirulina* yang diteliti, perbedaan kondisi lingkungan tempat pembiakan *Spirulina*, seperti pH media, cahaya matahari serta kandungan oksigen dan nitrogen mempengaruhi kandungan komponen fikosianin dan klorofil. Colla *et al.* (2007) melaporkan bahwa semakin tinggi kandungan nitrogen yang ditambahkan, akan meningkatkan sel dan berbanding lurus dengan peningkatan sintesis komponen fenol. Peningkatan 0,625 g/L sumber nitrogen menyebabkan peningkatan kandungan antioksidan sebesar 6%. Hal yang sama dilaporkan El-Baky (2003), bahwa peningkatan kandungan allofikosianin (A-PC) *Spirulina*

berbanding lurus dengan penambahan nitrogen dan garam dalam medium pertumbuhan *S. platensis*.

Kumar *et al.* (2011)^b melaporkan bahwa peningkatan komponen-komponen antioksidan berkorelasi dengan peningkatan jumlah sel kultur. Salah satu parameter yang diukur adalah kandungan klorofil. Kandungan klorofil selama pertumbuhan selalu meningkat dan kandungan klorofil tertinggi diperoleh pada puncak populasi.

Aktivitas antioksidan yang diklasifikasikan Blois (1958) dalam Ukieyanna (2012), yaitu aktivitas antioksidan sangat kuat apabila nilai IC_{50} kurang dari 50 ppm, kuat apabila nilai IC_{50} antara 50-100 ppm, sedang apabila nilai IC_{50} berkisar antara 150-200 ppm. Berdasarkan klasifikasi aktivitas antioksidan tersebut, aktivitas antioksidan *S. platensis* yang dikultivasi dalam media Walne, MT, dan KT tergolong sangat rendah. Hal ini diduga karena tidak dilakukan ekstraksi terlebih dahulu pada saat dianalisis. Fu *et al.* (2011) menyatakan bahwa aktivitas antioksidan suatu bahan tergantung pada beberapa faktor, seperti sistem uji dan tidak dapat dijelaskan hanya dengan menggunakan satu metode saja.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Spirulina platensis yang ditumbuhkan dalam media Walne, MT, dan KT mempunyai pola pertumbuhan yang sama. Total protein, fikosianin, dan aktivitas antioksidan *Spirulina platensis* yang dikultivasi dalam media MT tidak berbeda nyata dengan media Walne, sehingga MT dapat digunakan untuk menggantikan media Walne. Waktu panen yang baik untuk mendapatkan protein dan fikosianin yang tinggi adalah hari ke-12.

5.2 Saran

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan dengan proses ekstraksi terlebih dahulu

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan menggunakan metode yang lain

Purifikasi fikosianin pada media MT untuk pemanfaatan fikosianin lebih lanjut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR PUSTAKA

- Abalde J, Betancourt L, Torres E, Cid A, Barwell C. 1998. Purification and characterization of phycocyanin from the marine cyanobacterium *Synechococcus* sp. IO9201. *Journal of Plant Science* 136: 109–120.
- Abedin R, Taha H, 2008. Antibacterial and antifungal of cyanobacteria and green microalgae, Evaluation of medium components by Plackett-Burman design for antimicrobial activity of *Spirulina platensis*. *Global Journal of Biotechnology and Biochemistry* 3 (1): 22-31.
- Achmadi SS. 1992. *Teknik Kimia Organik*. Bogor: Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Achmadi S, Jayadi, Panji T. 2002. Produksi pigmen oleh *Spirulina platensis* yang ditumbuhkan pada media limbah lateks pekat. *Hayati* 9 (3): 80-84.
- Ahmad I. 2012. DPPH Antioxidant assay method development. [Internet] [Diunduh pada 2012 Jul 15] Tersedia pada: www.ResearchGate.com.
- Arlyza I. 2005. Fikosianin dari Mikroalga Bernilai Ekonomis Tinggi sebagai Produksi Industri. *Oseana* XXX (3): 27-36.
- Barsanti L, Gualteri P. 2005. *Algae Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. New York; CRC Press.
- [BBPPPPP] Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian. 2010. Meningkatkan kadar protein beras dengan aplikasi pupuk urea. *Informasi Ringkas Bank Pengetahuan Tanaman Pangan Indonesia* hlm:1.
- Benedetti S, Benvenuti F, Pagliarani S, Francogli S, Scoglio S, Canestrari F. 2004. Antioxidant properties of a novel phycocyanin extract from blue-green alga *Aphanizomenon flos-aquae*. Abstract. *Life Sciences* 75: 2353-2362.
- Bennet A, Bogorad L. 1973. Complementary chromatic adaptation in a filamentous blue-green alga. *The Journal of Cell Biology* 58: 419-435.
- Bhaskar SU, Gopaldaswamy G, Raghu R, 2005, A simple method for efficient extraction and purification of c-phycocyanin from *Spirulina platensis* Geitler. *Journal of experimental biology* 43: 277–279.
- Borowitzka MA, Borowitzka LJ. 1988. *Microalgal Biotechnology*. Cambridge: Cambridge University Press. hlm: 96-100.
- Cheng S, Cheng S, Tarn A, Chou Tz. 2007. Anti-inflammatory activity of c-phycocyanin in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264,7 macrophages. *Life Sciences* 81: 1431-1435.

- Choi A, Gun-Kim S, Yoon B, Oh H. 2003. Growth and amino acid contents of *Spirulina platensis* with different nitrogen sources. *Journal of Biotechnology and Bioprocess Engineering* 8 : 368-372.
- Christiana R, Kristopo H, Limantara L. 2008. Fotodegradasi dan aktivitas antioksidan klorofil a dari serbuk *Spirulina* (*Spirulina* sp.). *Indonesian journal Chemistry*. 8 (2): 236-241.
- Ciferri O. 1983. *Spirulina*, the edible microorganism. *Microbiological Reviews* p: 551-578.
- Colla LM, Furlong EB, Costa JAV. 2007. Antioxidant properties *Spirulina* (*Arthospira*) *platensis* cultivated under different temperatures and nitrogen regimes. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50 (1): 161-167.
- Diharmi A. 2001. Pengaruh pencahayaan terhadap kandungan pigmen bioaktif mikroalga *Spirulina platensis* strain lokal (INK) [tesis]. Bogor: Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- El-Baky H. 2003. Over Production of phycocyanin pigment in blue green alga *Spirulina* sp. and it's inhibitory effect on growth of enrich ascites carcinoma cells. *Journal Medical Science* 3 (4): 314-324.
- El-Baky H, El-Baz FK, El-Baroty GS. 2009. Production of phenolic compounds from *Spirulina maxima* microalgae and its protective effects in vitro toward hepatotoxicity model. *Journal of African Pharmacy and Pharmacology* 3(4): 133-139.
- Flores E, Frias J, Rubio L, Herrero A. 2005. Photosynthetic nitrate assimilation in cyanobacteria. *Photosynthesis Research* 83: 117–133.
- Fu L, Tao-Xu B, Rong-Xu X, You-Gan R, Zhang Y, Qin-Xia E, Bin-Li H. 2011. Antioxidant capacities and total phenolic content of 62 fruits. *Food Chemistry* 129: 345-350.
- Gonzalez R, Gonzalez A, Ramirez D, Romay C, RAdriguez S, Ancheta O, Merino N. 2003. Protective effects of phycocyanin on galactosamine-induced hepatitis in rats. *Biotechnología Aplicada* 20:107-110.
- Hadjoetomo RS. 1993. *Mikrobiologi Dasar dalam Praktek*. Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Umum.
- Jansen M. 2002. *Cultivation of microalgae: effect of light/dark cycles on biomass yield*. Ponsen & Looijen BV, Wageningen, The Netherlands. hlm 13-15.
- Mouen P, Lépine B, Rossignol N, Royer R, Quéméneur F. 1999. Clarification and concentration with membrane technology of a phycocyanin solution extracted from *Spirulina platensis*. *Biotechnology of Techniques*. 13: 877–881.

- Komarek J. 2006. Cyanobacterial taxonomy: current problems and prospects for the integration of traditional and molecular approaches. *Algae* 21(4): 349-375.
- Kumar M, Kulshreshtha J, Singh G. 2011^a. Growth and biopigment accumulation of cyanobacterium *Spirulina platensis* at different light intensities and temperature. *Brazilian Journal of Microbiology* 42: 1128-1135.
- Kumar M, Kulshreshtha J, Singh G. 2011^b. Growth and pigment profile of *Spirulina platensis* isolated from Rajasthan, India. *Research Journal of Agricultural Sciences* 2 (1): 83-86.
- Leiwakabessy F, Sutandi A. 2004. *Diktat Perkuliahan Pupuk dan Pemupukan*. Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Hlm 25-26.
- Li ZY, Guo SY, Li L. 2003. Bioeffect of selenite on the growth of *Spirulina platensis* and its biotransformation. *Bioresource Technology* 89: 171-176.
- Lowry OH. 1951. The Lowry protein assay. *Journal of Biology and Chemistry* 193: 265-275.
- Molyneux P. 2004. The use of stable free radical *diphenylpicrylhydrazyl* (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Journal of Science Technology*. 26: 211-219.
- Munawar W. 2007. Model diagram Janecke kesetimbangan fasa padat-cair proses tipe Solvay untuk pembuatan Na₂CO₃ dan KCl abu sabut kelapa. [Internet] Diponegoro (ID): Universitas Diponegoro; [diunduh 2012 Feb 12]. Tersedia pada: <http://www.lppm.undip.ac.id/abstrak/content/view/183/264/>.
- Olguin E, Galicia S, Angulo-Guerrero O, Hernandez E. 2001. The effect of low flux and nitrogen deficiency on the chemical composition of *Spirulina sp.* (*Arthrospira*) grown on digested pig waste. *Bioresource Technology* 77: 19-24.
- Oliveira M, Monteiro M, Robbs P, Leite S. 1999. Growth and chemical composition of *Spirulina maxima* and *Spirulina platensis* biomass at different temperatures. *Aquaculture International* 7: 261-275.
- Prihatni NB, Damayanti D, Yuniati R. 2007. Pengaruh konsentrasi medium, ekstrak tauge (MET) terhadap pertumbuhan *Scenedesmus* isolat Subang. *Makara Sains* 11 (1): 1-9.
- Praskah A, Rigelhof F, Miller E. 2003. Antioxidant Activity. [Internet]. [diunduh 2012 Sep 28] Tersedia pada: <http://www.medallionlabs.com>

- Reinehr CO, Costa JAV. 2006. Repeated batch cultivation of the microalga *Spirulina platensis*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 22: 937-943.
- Richmond A. 1988. Open systems for the mass production for the photoautotrophic microalgae outdoor: physiological principles. *Journal of Application Phycology*. 4:281-286.
- Ritchie R, Trautman D, Larkum AWD. 1997. Phosphate uptake in the cyanobacterium *Synechococcus* R-2 PCC 7942. *Plant Cell Physiology* 38 (11): 1232-1241.
- Romay Ch, Gonzalez, Ledon N, Ramirez N, Rimbau V. 2003. C-Phycocyanin: A biliprotein with antioxidant, anti-inflammatory and neuroprotective effects. *Current Protein and Peptide Science* 4 (3).
- Sammana IA. 2006. Keberadaan unsur hara dalam media air laut bersubstrat *Zeocrete* pada tingkat konsentrasi P berbeda. [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Shih C, Cheng S, Wong C, Kuo Y, Chou T. 2009. Antiinflammatory and antihyperalgesic activity of C-phycocyanin. *International Anesthesia Research Society* 108 (4).
- Silva LA, Kuhn KR, Moraes CC, Burkert CAV, Kalil SJ. 2009. Experimental design as a tool for optimization of c-phycocyanin purification by precipitation from *Spirulina platensis*. *Journal of Brazilian Chemical Society*. 20 (1):5–12.
- Silveira ST, Burkert JFM, Costa JAV, Burkert CAV, Kalil SJ. 2007. Optimization of phycocyanin extraction from *Spirulina platensis* using factorial design. *Bioresources Technology* 98: 1629–1634.
- Siregar CM. 2012. Densitas Zooxanthella pada karang *Acropora* sp. di Pulau Sikuai Kota Padang Sumatera Barat Provinsi Sumatera Barat [Internet]. Riau: Universitas Riau. [diunduh 2013 Feb 12]. Tersedia pada: <http://103.10.169.96/bitstream/123456789/795/1/Christian%20Michael%20Siregar%20-%20200704111671.pdf>.
- Soletto D, Binaghi L, Lodi A, Carvalho J, Converti A. 2005. Batch and fed-batch cultivation of *Spirulina platensis* using ammonium sulphate and urea as nitrogen sources. *Aquaculture* 243: 217-224.
- Spoladore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A. 2006. Commercial application of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 101 (2):87-96.
- Suantika G dan Hendrawati 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).

- Sunatmo TI. 2009. *Mikrobiologi Esensial*. Jakarta: Ardy Agency.
- Suminto. 2009. Penggunaan jenis media kultur teknis terhadap produksi dan kandungan nutrisi sel *Spirulina platensis*. *Jurnal Saintek Perikanan* 4 (2): 53-61.
- Susanna D, Zakianis, Hermawati E, Adi HK. 2007. Pemanfaatan *Spirulina platensis* sebagai suplemen protein sel tunggal (PST) Mencit (*Mus Musculus*). *Makara Kesehatan* 11 (1): 44-49.
- Tietze HW. 2004. *Spirulina Micro Food Macro Blessing*, Ed ke-4. Australia: Harald W. Tietze Publishing. hlm 6-16.
- Widyaningsih E. 2012. Aktivitas antioksidan, kadar fenolik, dan flavonoid total tumbuhan suruhan (*Peperomia pellucida* L, Kunth) [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Tomono NBP, Winarti, Erlina A. 2005. Pertumbuhan *Spirulina platensis* yang dikultur dengan pupuk inorganik (Urea, TSP dan ZA) dan kotoran ayam. *Jurnal Akukultur Indonesia* 4 (1): 41-48.
- Walpole RE. 1995. *Pengantar Statistika*. Ed ke-3. Sumantri B, penerjemah. PT. GraTmedia Pustaka Utama. Terjemahan dari: Introduction to Statistics.
- Wang L, Pan B, Sheng J, Xu J, Hu Q. 2007. Antioxidant activity of *Spirulina platensis* extracts by supercritical carbon dioxide extraction. *Food Chemistry* 105: 36-41.
- Widyaningsih, Ridho A, Hartati R, Harmoko. 2008. Kandungan nutrisi *Spirulina platensis* yang dikultur pada media yang berbeda. *Ilmu Kelautan* 13 (3): 167-170.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta dan milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



LAMPIRAN

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1 Media pertumbuhan *S. platensis*

Bahan utama	Zarrouk (g/L)	Teknis modifikasi LIPI (KT) (g/L)	Teknis modifikasi Hastuti (MT) (g/L)
MgSO ₄	0,2	0,2	0,02
CaCl ₂	0,04	0,2	0,004
Na ₂ EDTA	0,08	0,64	0,008
NaNO ₃	2,5		
K ₂ HPO ₄	0,5	0,5	-
K ₂ SO ₄	1,0	1,0	0,04
FeSO ₄	0,01	0,01	-
FeCl ₃	-	-	0,001
NaHCO ₃	18,0	16,8	2
(NH ₄) ₂ CO (Urea)	-	0,31	0,13
Zn (NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	0,06
Na ₂ HPO ₄	-	-	0,04
*Trace Element	1 mL	1 mL	-
Vit B12	-	-	1 mL

Keterangan: MT (Media Zarrouk teknis modifikasi Hastuti); KT (Media Zarrouk teknis modifikasi LIPI)

Masing-masing bahan dibuat dalam 100 mL akuades dan konsentrasi dipetakan hingga 100 kali lipat. Media yang digunakan adalah 1 mL per 1 L kultur.

Trace Element	Jumlah (g/L)
H ₃ BO ₃	2,86
MnCl ₄ ·4H ₂ O	1,81
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0,222
((NH ₄) ₆ Mo ₇) ₂₄ ·4H ₂ O	0,018
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,079
Vitamin B12	1000

*Trace Element dibuat dalam cairan 1 L dan pemakaiannya 1 mL untuk 1 L kultur.

Komposisi Walne

No	Bahan	Jumlah (g/L)
1	NH ₄ NO ₃	100,00
2	NaH ₂ PO ₄	20,00
3	H ₃ BO ₃	33,60
4	MnCl ₂	0,36
5	FeCl ₃	1,30
6	EDTA	45,00
7	Trace element	1 mL untuk 1 L Walne
8	Vitamin B ₁₂	1 µL

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Trace Elemen Media Walne

Bahan	Jumlah (g/L)
ZnCl ₂	2,1
CoCl ₂	2,0
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	0,9
CuSO ₄	2,0

*NB: Media dibuat dalam bentuk cairan. Pemakaian 1 mL dalam setiap 1 L kultur.

Cara Pembuatan:

Makronutrien 1,2,3,6 dicampur dengan H₂O, nomor 4 dilarutkan dalam 50 mL H₂O, 5 dilarutkan dalam 50 mL H₂O. Keseluruhan komposisi tersebut dilarutkan dengan H₂O sampai volume 1 liter. Semua mikronutrien dilarutkan dalam 100 mL H₂O destilasi dan larutan tersebut digunakan 1 mL untuk 1 L Walne.

Lampiran 2 Hasil uji ANOVA hubungan antara media dan umur *S. platensis* yang berpengaruh terhadap kandungan protein

Media	N		Subset
	1	2	
3,00	6	28,1783	
1,00	4		41,3400
2,00	8		45,1275
Sig.		1,000	,6370

Keterangan: MT (Media Zarrouk teknis modifikasi Hastuti); KT (Media Zarrouk teknis modifikasi LIPI)

Lampiran 3 Uji lanjut *Tukey* total protein *S. platensis* yang dikultivasi dalam media berbeda

Source	Type III Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7337,626(a)	11	667,057	4,496	,016
Intercept	22384,424	1	22384,424	150,863	,000
media	1582,140	2	791,070	5,332	,030
umur	3100,877	3	1033,626	6,966	,010
media * umur	1236,412	6	206,069	1,389	,316
Error	1335,385	9	148,376		
Total	33201,263	21			
Corrected Total	8673,011	20			

Lampiran 4 Uji lanjut *Tukey* total protein *S. platensis* yang dipanen pada umur berbeda

Umur	N			
	1	2	3	1
6,00	4	22,380		
17,00	5	29,426	29,426	
14,00	4		42,220	
12,00	5			57,984
Sig.		,459	,103	1,00

Lampiran 5 Hasil uji ANOVA hubungan antara media dan umur *S. platensis* berpengaruh terhadap kandungan fikosianin

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	814,187(a)	11	74,017	9,980	,000
Intercept	727,431	1	727,431	98,079	,000
Media	340,497	2	170,249	22,955	,000
Umur	221,732	3	73,911	9,965	,001
Media * Umur	135,414	6	22,569	3,043	,048
Error	89,001	12	7,417		
Total	1932,418	24			
Corrected Total	903,188	23			

Keterangan: Sig<0,05 (menunjukkan perlakuan berpengaruh terhadap faktor yang diuji)

Lampiran 6 Uji lanjut *Tukey* nilai IC₅₀ aktivitas antioksidan *S. platensis* yang dipanen pada umur berbeda

Umur	N	
	1	1
17,00	3	1517,5017
12,00	6	1854,7362
14,00	4	2405,1618
6,00	6	3467,9715
Sig.		,3420

Lampiran 7 Uji lanjut *Tukey* nilai IC₅₀ aktivitas antioksidan *S. platensis* yang dikultivasi dalam media berbeda

Media	N	
	1	1
1,00	8	1381,3807
2,00	6	2532,2180
3,00	5	3973,0088
Sig.		,0530

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 8 Uji lanjut *Tukey* kandungan fikosianin *S. platensis* yang dikultivasi dalam media berbeda dan diekstraksi menggunakan akuades

Media	N		
	1	2	1
3,00	8	1,5235	
2,00	8		5,6987
1,00	7		7,5934
Sig.		1,000	,0710

Lampiran 9 Uji lanjut *Tukey* kandungan fikosianin *S. platensis* yang dipanen pada umur berbeda dan diekstraksi menggunakan akuades

Umur	N		
	1	2	1
6,00	4	3,6458	
17,00	7	3,7744	
14,00	7	7,6642	7,6642
12,00	6		10,4190
Sig.		,1120	,3620

Lampiran 10 Uji lanjut *Tukey* kandungan fikosianin *S. platensis* yang dikultivasi dalam media berbeda dan diekstraksi menggunakan bufer sodium fosfat

Media	N		
	1	2	1
3,00	8	1,5235	
2,00	8		5,6987
1,00	7		7,5934
Sig.		1,000	,0710

Lampiran 11 Uji lanjut *Tukey* kandungan fikosianin *S. platensis* yang dipanen pada umur berbeda dan diekstraksi menggunakan bufer sodium fosfat

Umur	N			
	1	2	3	1
17,00	7	,7375		
6,00	4		4,9393	
14,00	8		6,3515	6,3515
12,00	4			8,7999
Sig.		1,000	,4510	,0890

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

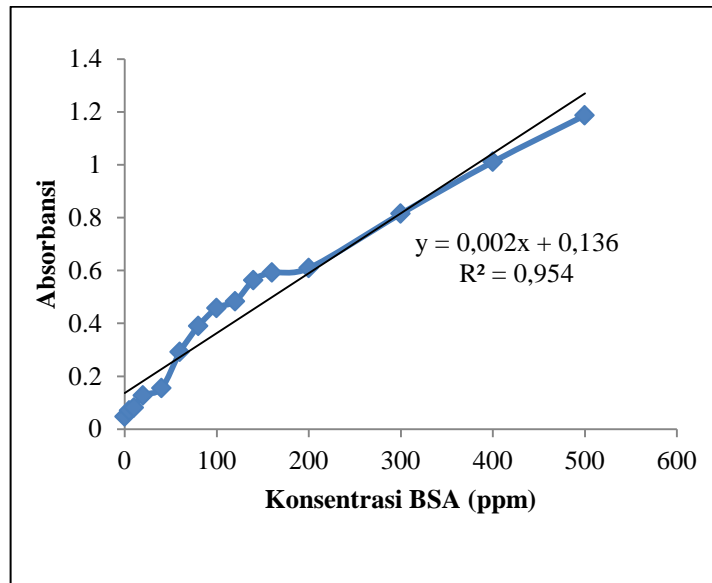
© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 12 Kurva standar total protein

Kurva Standar	
Konsentrasi	Absorbansi
0	0,047
5	0,071
10	0,081
20	0,128
40	0,155
60	0,292
80	0,390
100	0,458
120	0,484
140	0,564
160	0,592
200	0,609
300	0,815
400	1,011
500	1,187



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.