



LAPORAN AKHIR PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

PENINGKATAN SENYAWA β -carotene PADA *Dunaliella* sp. DENGAN TEKNOLOGI *PORTABLE OPEN SYSTEM BIOREACTOR* SEBAGAI BASIS FORTIFIKASI PANGAN DAN *HOME* INDUSTRI POTENSIAL

Bidang Kegiatan

PKM Penelitian

Diusulkan oleh:

Wahyu Dwi Putranto	C14090050	2009
Deadasa Alifiyana N	C14100077	2010
Regina Novanda	C14100069	2010
Lilis Desmawati	C14100022	2010
Aini Nurkartika Mala	C14100076	2010

Dibiayai oleh:

Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Program Kreativitas Mahasiswa
Nomor : 050/SP2H/KPM/Dit.Litabmas/V/2013, tanggal 13 Mei 2013

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2013**

**HALAMAN PENGESAHAN
USULAN PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA**

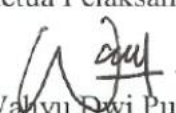
- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. Judul Kegiatan | : Peningkatan senyawa β -carotene pada <i>Dunaliella</i> sp. dengan teknologi <i>portable open system bioreactor</i> sebagai basis fortifikasi pangan dan <i>home</i> industri potensial |
| 2. Bidang Kegiatan | : PKMP (Penelitian) |
| 3. Bidang Ilmu | : Pertanian |
| 4. Ketua Pelaksana Kegiatan | |
| a. Nama Lengkap | : Wahyu Dwi Putranto |
| b. NIM | : C14090050 |
| c. Jurusan | : Teknologi dan Manajemen Perikanan Budidaya |
| d. Universitas | : Institut Pertanian Bogor |
| e. Alamat Rumah | : Pondok As Salam, Dramaga, Bogor. |
| f. No. HP | : 0857 1022 0932 |
| g. Alamat Email | : lolipopnostra@gmail.com |
| 5. Anggota Pelaksana | : 4 (empat) orang |
| 6. Dosen Pendamping | |
| a. Nama Lengkap | : Dr. Ir. Nur Bambang P. U. M.Si. |
| b. NIDN | : 0014086508 |
| c. Alamat Rumah | : Perumahan Budi Agung Jl. Pinus Blok T21 Bogor |
| d. No Telpon/HP | : 08129600065 |
| 7. Biaya Kegiatan Total | |
| a. Dikti | : Rp. 11.645.000,00 |
| b. Sumber Lain | : - |
| 8. Jangka Waktu Pelaksanaan | : 4 bulan |

Bogor, 12 Juli 2013

Menyetujui,
Ketua Departemen Budidaya Perikanan

Ketua Pelaksana Kegiatan

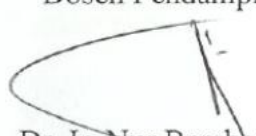

Dr. Sukenda
NIP. 19671013199302001


Wahyu Dwi Putranto
NIM. C14090050

Wakil Rektor Bidang Akademik dan
Kemahasiswaan

Dosen Pendamping


Dr. Ir. Nur Bambang P. U. M.Si.
NIP. 0014086508


Dr. Ir. Nur Bambang P. U. M.Si.
NIDN. 0014086508



PENINGKATAN SENYAWA β -carotene PADA *Dunaliella* sp. DENGAN TEKNOLOGI PORTABLE OPEN SYSTEM BIOREACTOR SEBAGAI BASIS FORTIFIKASI PANGAN DAN HOME INDUSTRI POTENSIAL

Wahyu Dwi Putranto, Deadasa Alifiyana N, Regina Novanda, Lilis Desmawati, Aini Nurkartika Mala

Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
email : lolipopnostra@gmail.com

Abstract

Dunaliella salina merupakan salah satu spesies mikroalga dari divisi chlorophyta yang hidup di lingkungan perairan bersalinitas. Warna sel dari mikroalga ini umumnya berwarna hijau, namun pada kondisi tertentu selnya mampu berubah menjadi warna jingga hingga merah. Warna jingga pada sel *Dunaliella salina* merupakan salah satu kelebihan khusus dari mikroalga ini karena warna jingga tersebut merupakan salah satu pigmen karotenoid (β -caroten) dari tubuhnya yang dikeluarkan untuk melindungi selnya dari kerusakan akibat kondisi lingkungan yang buruk. Teknologi yang dapat diterapkan untuk memproduksi mikroalga (*Dunaliella* sp.) salah satunya adalah dengan fotobioreaktor. Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, reaktor dengan dimensi lebar 3 cm memiliki tingkat kepadatan sel tertinggi pada akhir masa kultivasi, yaitu mencapai $1,11 \times 10^7$ sel/ml dengan pola pertumbuhan yang jauh lebih cepat dibanding dengan reaktor lain. Sementara itu pada reaktor dengan lebar 5 cm dan 10 cm kepadatan sel pada akhir masa kultivasi hanya mencapai $6,96 \times 10^6$ sel/ml dan $4,3 \times 10^6$ sel/ml. Biomassa akhir pada perlakuan reaktor 5 cm dan 10 cm tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, yaitu masing-masing hanya sebesar 0,78 g/l dan 0,49 g/l. Nilai biomassa tertinggi dicapai pada perlakuan reaktor 3 cm yaitu sebesar 1,25 g/l. Kandungan senyawa beta karoten pada perlakuan reaktor 5 cm dan 10 cm tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, yaitu masing-masing 2,55 mg/l dan 1,41 mg/l. Sedangkan, nilai kandungan karotenoid tertinggi dicapai pada perlakuan reaktor 3 cm, yaitu 5,1 mg/l. Kesimpulan dari hasil penelitian ini, yaitu produktivitas *beta carotene* tertinggi pada kegiatan kultivasi *Dunaliella* sp. terdapat pada fotobioreaktor dengan dimensi lebar 3 cm (< 5 cm). Selain itu laju pertumbuhan sel tertinggi serta rasio beta carotene dan klorofil tertinggi, juga diperoleh pada fotobioreaktor 3 cm.

Keyword : *Dunaliella*, *Beta carotene*, *Fotobioreaktor*, *fortifikasi pangan*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur tim penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa. Berkat rahmat dan hidayah-Nyalah Program Kreativitas Mahasiswa Penelitian (PKM-P) yang berjudul **“Peningkatan Senyawa B-Carotene pada *Dunaliella* sp. dengan Teknologi Portable Open System Bioreactor sebagai Basis Fortifikasi Pangan dan Home Industri Potensial”** telah berhasil diselesaikan.

Tim penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan dorongan dari semua pihak, maka pelaksanaan PKM-P ini tidak akan berjalan lancar. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, dengan sepenuh hati, penulis menghaturkan terima kasih dan penghargaan kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian PKM-P ini khususnya kepada:

1. Bapak Dr. Nur Bambang Priyo Utomo, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan dan masukan-masukan yang membangun kepada penulis selama penyusunan PKM-P ini.
2. Bapak Dr. Ir. Sukenda, M.Sc, selaku Ketua Departemen Budidaya Perairan atas dukungannya dalam penyusunan PKM-P ini.
3. Semua pihak yang telah membantu tim baik secara langsung maupun tidak langsung.

Akhirnya, dengan menyadari atas segala kekurangan yang ada. Kami sangat mengharapkan segala kritik dan saran yang membangun demi perbaikan PKM-P dan dalam penyusunan karya tulis selanjutnya.

Semoga PKM-P ini dapat memberikan manfaat sebagai solusi dalam mengatasi kelangkaan cacing sutra serta secara khusus dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa dan petani ikan dalam memajukan bidang perikanan dan ilmu kelautan.

Bogor, 20 Agustus 2013

Tim Penulis,

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunaliella salina merupakan salah satu spesies mikroalga dari divisi chlorophyta yang hidup di lingkungan perairan bersalinitas. Warna sel dari mikroalga ini umumnya berwarna hijau, namun pada kondisi tertentu selnya mampu berubah menjadi warna jingga hingga merah. Warna jingga pada sel *Dunaliella salina* merupakan salah satu kelebihan khusus dari mikroalga ini karena warna jingga tersebut merupakan salah satu pigmen karotenoid (β -caroten) dari tubuhnya yang dikeluarkan untuk melindungi selnya dari kerusakan akibat kondisi lingkungan yang buruk. Menurut Borowitzka (1990) kondisi lingkungan yang mampu menyebabkan akumulasi β -caroten pada *Dunaliella* sp. dengan level tertinggi, yaitu konsentrasi salinitas tinggi, suhu tinggi, cahaya yang sangat terang, dan keterbatasan nutrien (terutama N).

Teknologi yang dapat diterapkan untuk memproduksi mikroalga (*Dunaliella* sp.) salah satunya adalah dengan fotobioreaktor. Fotobioreaktor merupakan suatu sistem/wadah terkontrol dengan penyediaan cahaya sebagai energi tambahan yang mampu digunakan untuk memproduksi mikroalga dalam skala kecil, menengah, maupun skala besar. Keunggulan khusus dari sistem ini adalah proses penerapannya yang bisa disesuaikan dengan kebutuhan, serta kondisi wadah yang dapat kita kontrol secara rutin untuk mencegah dampak negatif yang timbul dari lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Dunaliella sp. merupakan salah satu komoditi akuakultur yang memiliki prospek cerah dimasa depan, hal ini dikarenakan *Dunaliella* sp. mampu menghasilkan pigmen Karotenoid (β -caroten) dalam level yang cukup tinggi. Namun produksi *Dunaliella* sp. sampai saat ini masih relatif rendah. Oleh karena itu salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk dapat mempertahankan dan meningkatkan produksinya adalah dengan memanfaatkan teknologi yang telah ada secara tepat, yaitu fotobioreaktor.

Hipotesa dari penelitian ini adalah :

1. Fotobioreaktor mampu meningkatkan produksi *Dunaliella* sp.
2. Kandungan β -caroten pada *Dunaliella* sp. dapat ditingkatkan dengan cara memberikan efek stres pada lingkungannya.
3. *Dunaliella* sp. memiliki potensi yang cukup besar sebagai bahan fortifikasi pangan masa depan.

1.3 Tujuan

Program kreatifitas mahasiswa ini bertujuan untuk:

1. Membuat *prototype portable open system bioreactor* untuk meningkatkan kualitas dan produksi *Dunaliella* sp. serta mudah diterapkan dimasyarakat.
2. Mengetahui efek stres lingkungan yang sesuai untuk dapat meningkatkan kandungan β -caroten pada *Dunaliella* sp.

3. Mengetahui tehnik penanganan serta pengolahan yang sesuai terhadap biomassa *Dunaliella* sp. agar dapat dikonsumsi oleh masyarakat luas tanpa menimbulkan bahaya.

1.4 Luaran Yang Diharapkan

Program kreativitas mahasiswa ini diharapkan dapat memberikan sebuah solusi pengetahuan dalam upaya peningkatan produksi *Dunaliella* sp. sebagai komoditas akuakultur yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan fortifikasi pangan masa depan, melalui teknologi aplikatif berbasis penggunaan fotobioreaktor dalam produksi *Dunaliella* sp. secara intensif.

1.5 Kegunaan Program

Kegunaan dari program ini adalah:

1. Meningkatkan pengetahuan mahasiswa tentang teknologi fotobioreaktor.
2. Meningkatkan produksi biomassa serta kandungan β -caroten pada *Dunaliella* sp.
3. Meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam penelitian.
4. Meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya bahan fortifikasi pangan.

II. METODE

2.1 Persiapan Alat

Pada tahap pertama persiapan, terlebih dahulu dilakukan persiapan wadah yang akan digunakan, kemudian pemasangan lampu TL dan sistem aerasi. Sebelumnya, alat-alat yang akan digunakan sebagai wadah kultur terlebih dahulu dicuci menggunakan sabun sampai bersih, kemudian dibilas menggunakan air bersih dan dikeringkan. Sterilisasi media dilakukan dengan penambahan klorin 30 ppm. Pengadukan dilakukan dengan menggunakan aerasi secara langsung ke dalam media.

2.2 Kultur Skala Laboratorium

Kultur dilakukan secara bertingkat yaitu dengan dilakukannya kultur skala laboratorium dengan botol bervolume (650 ml) dan dilanjutkan dengan kultur pada fotobioreaktor. Kultur tahap pertama dilakukan dalam skala 200 ml. Wadah kultur diisi air medium yang telah disiapkan terlebih dahulu, kemudian ditambahkan media Wallne sebagai sumber nutrisinya. Sebelum tahap inokulasi dilakukan sterilisasi terlebih dahulu dengan autoklaf pada suhu 100°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah persiapan medium selesai, selanjutnya dilakukan inokulasi *Dunaliella* sp. ke dalam wadah kultur. Agar perlakuan yang diberikan sesuai hasil yang diharapkan, kepadatan awal kultur sangat berpengaruh. Berdasarkan literatur, kepadatan awal yang baik yaitu 1×10^5 - 1×10^6 sel/ml. Hasil kultur skala ini kemudian digunakan untuk inokulan pada kultur skala 1 - 5 liter.

2.3 Kultur pada Fotobioreaktor

Kegiatan kultur ini dilakukan dengan menggunakan Fotobioreaktor dengan dimensi yang berbeda-beda sesuai dengan perlakuan yang diberikan seperti yang terlampir pada tabel 1. Inokulan yang digunakan untuk kultur ini adalah kultur *Dunaliella* skala laboratorium. Setelah media kultur siap, inokulan yang berasal dari skala laboratorium ditambahkan ke dalam media dengan kepadatan $1 \times 10^5 - 1 \times 10^6$ sel/ml. Setiap fotobioreaktor diberikan sumber cahaya serta konsentrasi medium sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan.

Tabel 1 Rincian dimensi fotobioreaktor

Fotobioreaktor	Dimensi Fotobioreaktor (Panjang x Lebar x Tinggi)
A	15 cm x 2,5 cm x 40 cm
B	15 cm x 5 cm x 30 cm
C	15 cm x 10 cm x 30 cm

2.4 Pemanenan

Pemanenan *Dunaliella* dilakukan pada saat kultur telah mencapai puncak populasi. Puncak populasi dapat diketahui dari perubahan warna pada media kultur dan jumlah populasi berdasarkan pola pertumbuhan. Biomassa yang dihasilkan pada setiap perlakuan kultur dihitung berdasarkan bobot kering dari *Dunaliella* sp. yang telah dipanen. Tahap awal sebanyak 10 ml kultur diambil, kemudian disaring dengan kertas saring whatman G/F. Pelet yang diperoleh dibilas terlebih dahulu dengan PBS (*phospate buffer saline*). Selanjutnya dikeringkan pada suhu 80°C selama 24 jam. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Biomassa (kering)}: \frac{(W_o - W_t)}{V}$$

2.5 Ekstraksi Karatenoid (beta carotene)

Hasil kultur *Dunaliella* (Biomassa basah) yang telah dipanen, selanjutnya dilakukan ekstraksi untuk memperoleh pigmen karatenoidnya. Sebanyak 1 ml kultur diambil, kemudian disentrifugasi pada kecepatan 1000 rpm selama 5 menit. Pelet yang diperoleh diekstraksi dengan 3 ml ethanol:hexane 2:1 (v/v). Selanjutnya dilakukan penambahan 2 ml akuades dan 4 ml hexane. Campuran tersebut dikocok kuat dan disentrifugasi kembali pada kecepatan 1000 rpm selama 5 menit. Lapisan hexane dipisahkan, lalu serapannya ditentukan pada panjang gelombang 450 nm. Nilai yang diperoleh setara dengan microgram (μg) carotenoid per sampel. Rumus perhitungan yang digunakan mengacu pada Shaish *et al.* (1992) :

$$\text{carotenoid } (\mu\text{g}): A_{450} \times 25,2$$

2.6 Kepadatan Populasi

Kepadatan populasi *Dunaliella* yang dihasilkan dihitung dengan bantuan hemositometer dibawah mikroskop. Hasil yang diperoleh dibuat kurva hubungan

antara waktu kultur dengan jumlah populasi sel mikroalga, jumlah sel mikrolaga dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rumus Kepadatan (sel/ml)} = \frac{N + (N + 1) + \dots + (N + 5)}{5} \times 25 \times 10^4$$

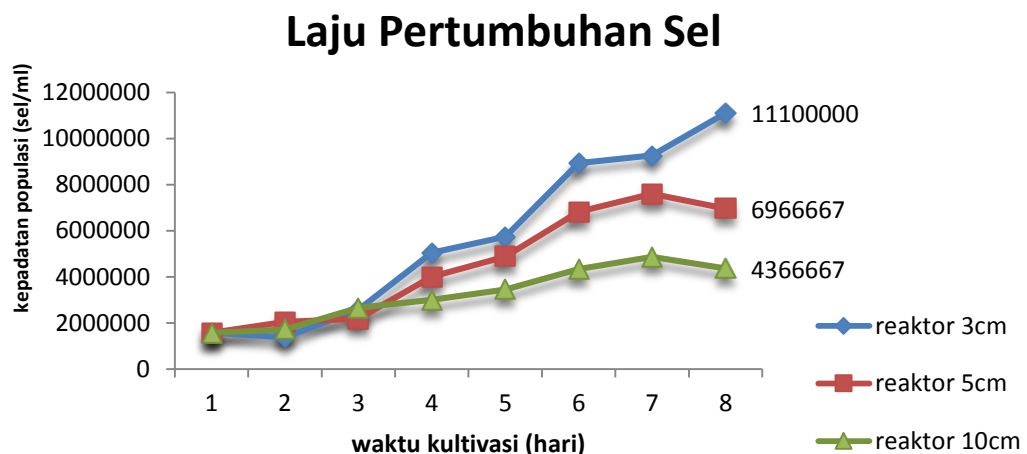
2.7 Analisis Statistik

Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan, masing-masing tiga kali ulangan. Data yang diperoleh berupa parameter biomassa panen, kepadatan sel, kandungan klorofil dan kandungan β -karoten yang kemudian dianalisis ragam dengan software *microsoft excell*.

III. KETERCAPAIAN TARGET

3.1 Hasil penelitian yang telah dicapai

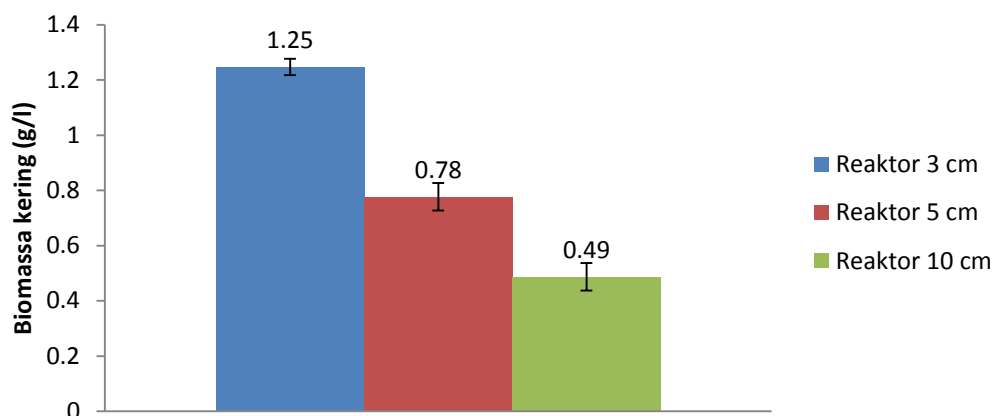
Laju pertumbuhan sel diamati setiap hari. Berikut merupakan gambar grafik laju pertumbuhan sel selama 7 hari masa kultivasi.



Gambar 1 Laju pertumbuhan sel selama 7 hari masa kultivasi

Berdasarkan gambar 1 dapat terlihat bahwa reaktor dengan lebar 3 cm memiliki tingkat kepadatan sel tertinggi pada akhir masa kultivasi, yaitu mencapai $1,11 \times 10^7$ sel/ml dengan pola pertumbuhan yang jauh lebih cepat dibanding dengan reaktor lain. Sementara itu pada reaktor dengan lebar 5 cm dan 10 cm kepadatan sel pada akhir masa kultivasi hanya mencapai $6,96 \times 10^6$ sel/ml dan $4,3 \times 10^6$ sel/ml.

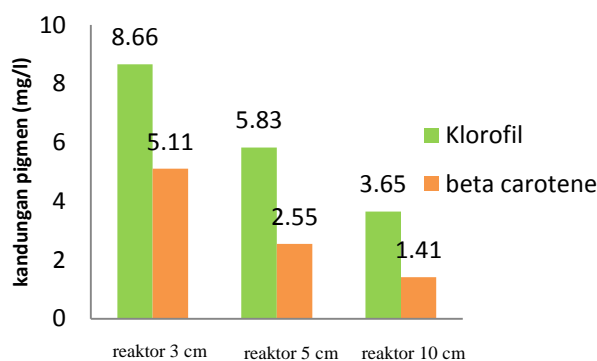
Biomassa panen diamati pada saat akhir masa kultivasi. Berikut merupakan gambar grafik biomassa saat akhir masa kultivasi.



Gambar 2 grafik biomassa akhir

Berdasarkan grafik pada gambar 2 terlihat bahwa biomassa akhir pada perlakuan reaktor 5 cm dan 10 cm tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, yaitu masing-masing hanya sebesar 0,78 g/l dan 0,49 g/l. Nilai biomassa tertinggi dicapai pada perlakuan reaktor 3 cm yaitu sebesar 1,25 g/l.

Nilai total kandungan pigmen klorofil dan beta carotene mampu mengilustrasikan kecenderungan respon fisiologis sel saat terjadi perubahan kondisi lingkungan (khususnya kondisi intensitas cahaya). Berikut Gambar 3 merupakan nilai kandungan pigmen klorofil dan beta carotene pada tiap perlakuan.



Gambar 3 grafik kandungan pigmen klorofil dan beta karotene pada tiap perlakuan pada saat akhir masa kultivasi

Berdasarkan nilai pada tabel 1 terlihat bahwa kandungan senyawa beta karoten pada perlakuan reaktor 5 cm dan 10 cm tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Sedangkan, kandungan karotenoid tertinggi dicapai pada perlakuan reaktor 3 cm, yaitu 5,1 mg/l.

3.2 Pembahasan

Metode alternatif yang dapat digunakan untuk menghasilkan biomassa dengan kepadatan sangat tinggi salah satunya yaitu dengan menerapkan metode UHCD (*ultra high cell density*). Definisi metode UHCD menurut HU *et al.* (1996) adalah suatu metode kultivasi dengan tingkat kepadatan sel yang mampu

mencapai nilai 10 gram biomassa kering atau konsentrasi klorofilnya mencapai 150 mg klorofil dalam satu liter media atau bahkan melebihi nilai tersebut. Menurut Richmond (2004) persyaratan khusus yang harus dipenuhi pada metode kultivasi UHCD diantaranya, yaitu (1) pengurangan jalur lintas cahaya hingga mencapai batas yang sangat pendek (1-2 cm), (2) penggunaan sumber cahaya dengan intensitas tinggi ($> 2000 \mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ atau setara dengan 200.000 lux), (3) pengurangan faktor yang mampu menghambat proses pertumbuhan (peningkatan jumlah pupuk yang digunakan, penggantian media kultivasi secara berkala), serta (4) pengoptimalan laju pengadukan.

Berdasarkan hasil pada gambar 1, terlihat bahwa laju pertumbuhan sel *Dunaliella* sp. terus mengalami peningkatan hingga hari ke -7. Namun pada saat memasuki hari ke-8, terlihat pada reaktor dengan lebar 5 cm dan 10 cm mulai mengalami penurunan, yaitu $6,96 \times 10^6$ sel/ml dan $4,36 \times 10^6$ sel/ml. Hasil tersebut berbeda dengan nilai yang diperoleh pada reaktor 3 cm yang masih terus mengalami peningkatan hingga mencapai kepadatan sel $1,11 \times 10^7$ sel/ml. Menurut Hu *et al* (1996) lebar reaktor mampu mempengaruhi hasil biomassa akhir yang diperoleh. Pada kegiatan kultivasi *Spirulina* sp. oleh Hu *et al* (1996) pada reaktor dengan lebar 10,4 cm dan 1,3 cm, hasil akhir yang diperoleh terlihat berbeda nyata. Produktivitas pada reaktor 1,3 cm jauh lebih tinggi sebanyak 2 kali lipat, jika dibandingkan dengan reaktor 10,4 cm.

Menurut Richmond (2004) pada fotobioreaktor umumnya terdapat dua zona, yaitu zona terang dan zona gelap sebagai akibat tingkat penetrasi cahaya. Zona terang (L) adalah zona dengan jumlah cahaya yang cukup banyak sehingga masih mampu mendukung proses fotosintesis. Sebaliknya zona gelap (D) adalah zona dengan jumlah cahaya yang sangat sedikit sehingga tidak mampu mendukung proses fotosintesis.

Organisme fotoautotrof adalah organisme yang mampu memanfaatkan energi cahaya matahari sebagai sumber energi pada proses fotosintesis dan biosintesa sel baru. Pada reaktor dengan lebar > 5 cm, diduga jumlah zona D jauh lebih banyak jika dibandingkan pada reaktor dengan lebar < 5 cm. Jika sel mereka lebih sering bertahan pada zona D, secara otomatis mereka hanya melakukan proses respirasi tanpa melakukan proses biosintesa sel baru. Proses respirasi adalah kebalikan dari proses biosintesa. Pada proses tersebut mereka hanya melakukan *maintenance* sel dengan memanfaatkan sejumlah energi yang masih tersimpan di dalam selnya. Jika hal tersebut secara terus menerus berlangsung, maka tidak menutup kemungkinan selnya tidak akan mengalami pertumbuhan atau bahkan mengalami penurunan. Penyebabnya tidak lain dikarenakan oleh laju konsumsi energi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan laju produksi energi. Jika jumlah energi yang tersimpan telah banyak berkurang dalam proses respirasi, maka akibat yang dapat timbul yaitu penurunan jumlah sel yang dikarenakan oleh keterbatasan energi untuk proses biosintesa.

3.3 Permasalahan Dan Penyelesaian

Permasalahan yang dihadapi pada saat penelitian ini meliputi, Keterlambatan pencairan dana dari DIKTI namun masalah ini sudah bisa diatasi dengan adanya peminjaman dana awal ke Departemen Budidaya Perairan dan masing-masing anggota tim PKM. Kontaminasi pada kultur mikroalga pada skala

lab oleh karena itu dilakukan pembelian inokulan baru baru serta proses pengerjaan dilakukan lebih aseptik lagi. Inokulan yang sulit diperoleh, oleh karna itu perlu melakukan pemesanan ke seluruh balai penyedia yang ada hingga ke luar provinsi. Inokulan rentan mati pada saat proses pengiriman, oleh karna itu perlu dilakukan penelitian awal di balai penyedia inokulan.

IV. PENGGUNAAN BIAYA

Rincian Biaya yang telah digunakan sebagai berikut

No.	Nama Barang	Harga satuan (Rp)	Jumlah	Total (Rp)	Keterangan
1	Inokulan <i>Dunaliella</i>	150000	20 liter	3000000	
2	Fotobioreaktor	50000	10	500000	
3	Aerasi	80000	5	400000	
4	Selang aerasi	500	100 meter	50000	
5	Pupuk Walne	1000000	1 liter	1000000	
6	Sabun Pencuci	16500	1	16500	
7	Toples	2500	10	25000	
10	Alkohol	18000	1 liter	18000	
11	Pipet (5 ml)	45000	1 buah	45000	
12	Bulb	40000	1 buah	40000	
13	NaCl	16000	2 kg	32000	
15	Air laut	150000	1 ton	150000	
16	MgCl	17000	1 kg	17000	
17	Transportasi (bus)	150000	2 pp	600000	

Total dana yang didapatkan dari DIKTI Rp 10.500.000

Total dana yang sudah dihabiskan Rp 5.893.500

Sisa dana Rp 4.606.500

sisa dana masih akan digunakan untuk membayar penggunaan Biaya analisa sampel di beberapa Laboratorium.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini, yaitu produktivitas *beta carotene* tertinggi pada kegiatan kultivasi *Dunaliella sp.* terdapat pada fotobioreaktor dengan dimensi lebar 3 cm (< 5cm). Selain itu laju pertumbuhan sel tertinggi serta rasio *beta carotene* dan klorofil tertinggi, juga diperoleh pada fotobioreaktor 3 cm.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan penelitian berikutnya, yaitu aplikasi kondisi stres lain yang jauh lebih efektif dan efisien dalam proses induksi *beta carotene* pada *Dunaliella sp.*

DAFTAR PUSTAKA

- Borowitzka MA. 1990 . The Mass Culture of *Dunaliella salina* . Murdoch University . Australia.
- Hu Q, Guterman H, Richmond A. 1996. Physiological Characteristics of *Spirulina platensis* (Cyanobacteria) cultured at ultra high cell densities. J Phycol 32 (10) : 66-73.
- Richmond A. 2004. Hnadbook of Microalgal Culture Biotechnology and Applied Phycology. Blackwell publishing. Australia. p 142.
- Shaish A, Ben-Amotz A, Avron M. 1992. Biosynthesis of β -carotene in *Dunaliella*. Methods Enzymol 213: 439–444.

LAMPIRAN

