

JRL	Vol.9	No.1	Hal. 19 - 30	Jakarta, Juni 2016	ISSN : 2085.3866 No.376/AU1/P2MBI/07/2011
-----	-------	------	--------------	-----------------------	--

PENGARUH PEMANENAN MIKROALGA (*Chlorella sp.*) SECARA KONTINYU TERHADAP PERTUMBUHANNYA DI DALAM FOTOBIOREAKTOR

Anies Ma'rufatin

Pusat Teknologi Lingkungan,
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Email : anies.marufatin@bppt.go.id

Abstrak

Saat ini, fotobioreaktor (FBR) banyak dikembangkan dan dimanfaatkan untuk meneliti (mengetahui secara detail) proses metabolisme sel mikroorganisme, seperti mikroalga. Teknologi FBR MTAP (*Multi Tubular Airlift Photobioreactor*) merupakan sistem kontinyu yang tertutup dan dapat dilakukan kontrol pertumbuhannya. Teknologi tersebut kemudian dilakukan ujicoba pemanenan kontinyu. Pemanenan kontinyu dilakukan dengan mengurangi volume larutan mikroalga kemudian menambahkan dengan larutan yang baru dalam sistem FBR MTAP yang dioperasikan. Indikator pertumbuhan mikroalga yang digunakan yaitu jumlah kelimpahan sel mikroalga *Chlorella sp.* yang dipanen dengan dua tahap pemanenan dari FBR MTAP. Jumlah reaktor dalam FBR MTAP ada 2 yang digunakan yaitu Reaktor 1 dan Reaktor 2. Mikroalga ditumbuhkan dalam waktu 21 HST (Hari Setelah Tanam) dan saat HST ke 12 dilakukan pemanenan dengan mengurangi volume 16,7% pada masing-masing reaktor. Berdasarkan hasil penghitungan kelimpahan sel, pemanenan tahap I pertumbuhan optimum terjadi pada hari ke-7 untuk Reaktor 1 dan Reaktor 2. Sedangkan pemanenan tahap II, pertumbuhan optimumnya pada HST 16 untuk Reaktor 1 dan HST 19 untuk Reaktor 2. Perbandingan kelimpahan sel pada kedua reaktor FBR MTAP yang dilakukan ujicoba periode pemanenan mikroalga *Chlorella sp.* air tawar pada HST 12 dan HST 21 cukup optimal untuk dilakukan secara kontinyu tanpa dilakukan pengurasan dan sterilisasi ulang sistem FBR MTAP.

Kata kunci: Fotobioreaktor, Pemanenan kontinyu, Pertumbuhan mikroalga, Kelimpahan sel, *Chlorella sp.*

EFFECT OF HARVESTING MICROALGAE (*Chlorella sp.*) CONTINUOUSLY TO ITS GROWTH IN THE FOTOBIOREAKTOR

Abstract

Currently, the photobioreactor (FBR) has been developed and utilized to investigate (knowing in detail) the metabolic processes of cells of microorganisms, such as microalgae. FBR technology MTAP (Multi Tubular Photobioreactor Airlift) is a continuous system that is closed and controlled for the growth. Then, this technology conducted continuous harvesting trial. Continuous harvesting system is cultivated by reducing of microalgae solution volume then is added by new solution of FBR MTAP system in operation. The number of reactors in the FBR MTAP are two reactors were used that Reactor 1 and Reactor 2. Microalgae was grown in 21 DAP (Days After Planting) and then harvested by reducing the volume 16.7% in each reactor in DAP 12. Based on the results of cells density, harvesting in the first phase, the optimum growth occurred at DAP 7 for Reactor 1 and Reactor 2, while harvesting their optimum growth phase II DAP 16 for Reactor 1 and DAP 19 for Reactor 2. Comparison of cell density on both reactors FBR MTAP conducted trial period of harvesting microalgae *Chlorella sp.* freshwater DAP 12 and DAP 21 are optimal to be done continuously without dewatering and sterilization performed the FBR system MTAP.

Key words: photobioreactor, continuous harvesting, microalgae growth, cell density, *Chlorella sp.*

I. PENDAHULUAN

Komposisi sampah sangat bergantung pada kegiatan sehari – hari dari manusia maupun keadaan alam sekitarnya. Kegiatan – kegiatan yang ada mempengaruhi jumlah sampah organik maupun non-organik.

1.1. Latar Belakang

Fotobioreaktor (FBR) merupakan bioreaktor yang memanfaatkan cahaya sebagai sumber energi untuk melakukan proses metabolisme sel. FBR mempunyai dua fungsi utama, yaitu memproduksi biomassa dalam bentuk mikroalga dan menyerap CO₂ untuk menumbuhkan fotosintesis mikroalga (Mehlitz, T.H, 2009). Teknologi FBR sistem tertutup dikembangkan sebagai upaya untuk mengoptimalkan kultivasi mikroalga karena densitas sel rendah, tidak terkontaminasi, penguapan dapat diminimalisir, dan sesuai dengan keadaan lingkungan saat ini dengan efisiensi lahan (Gross, M.A., 2013),(Posten, C, 2009). Dengan sistem FBR dapat dilakukan kontrol pertumbuhan yang lebih baik seperti asupan CO₂, jumlah air, suhu optimal, paparan efisien cahaya, kepadatan sel, tingkat pH, tingkat pasokan gas, sistem pencampuran dan lainnya(Kavya G, 2015).

Dengan teknologi FBR untuk melakukan kultivasi mikroalga membutuhkan asupan gas CO₂ yang cukup sebagai sumber karbon dalam proses pembentukan biomassa. Produktivitas biomassa yang tinggi bisa lebih mudah dicapai dengan tergantung adanya asupan karbon. Selain itu, diperlukan pula nutrisi lain untuk pertumbuhan mikroalga dalam sistem FBR untuk mencapai produktivitas biomassa yang tinggi. Nutrisi yang diperlukan termasuk makronutrien, vitamin dan berbagai

elemen lainnya. Hal ini masih banyak diperdebatkan tentang nutrisi ideal untuk pertumbuhan mikroalga (Shiddiqui, S., G N Rameshaiah), (Kavya G, 2015).

Pada umumnya dalam metode FBR terbuat dari material tembus pandang seperti pipa bening dengan sirkulasi tertutup. Pipa bening tersebut akan terisi oleh air, nutrisi dan mikroalga dalam satu sistem. FBR terdiri atas enam komponen mayor antara lain sumber pencahayaan, *the optical transmission system*, fotobioreaktor, *gas-exchange unit*, unit ultrafiltrasi dan sensor untuk memonitoring kondisi tanaman. Sistem FBR didisain, dibuat dan diimplementasikan untuk mendapatkan nilai optimum sel alga dalam berfotosintesis (Javanmardian, M., B.O. Palsson, 1991)

Jenis mikroalga yang digunakan untuk kultivasi adalah *Chlorella sp.* dengan media air tawar. Kelebihan dari mikroalga jenis *Chlorella* memiliki tingkat reproduksi yang tinggi, setiap sel *Chlorella* mampu berkembang menjadi 10.000 sel dalam waktu 24 jam, selain itu juga mengandung minyak 28 – 32 %. Fase hidup *Chlorella* antara 11 – 15 hari. *Chlorella* telah dibudidayakan sejak 1970-an. Ribuan ton telah terjual tiap tahun selama 40 tahun terakhir sebagai suplemen makanan. Negara yang telah melakukan kultur mikroalga secara komersial diantaranya Negara Taiwan, Jepang dan Indonesia (Henrikson, R., 2011).

Ujicoba kinerja FBR telah dilakukan oleh Pusat Teknologi Lingkungan (PTL) - Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dari tahun 2008. Ujicoba yang telah dilakukan yaitu kultur fitoplankton air tawar dan air laut pada sebuah FBR airlift sistem batch. Pada tahun 2008 uji coba ini konsentrasi CO₂ sekitar 12% dapat diturunkan dalam waktu sekitar 7 hari oleh species *Chlorella*

sp., dan sekitar 13 hari oleh species *Chaetoceros* (Santoso, A.D., Abdil H. S. dan Diyono, 2010). FBR jenis *airlift* sistem batch ini bertujuan untuk meningkatkan pertumbuhan biomass mikroalga yang ditumbuhkan. Pada tahun 2009, uji coba penyerapan gas CO₂ dengan kultur fitoplankton dalam FBR dilanjutkan dengan sistem kontinyu tipe *Multi Tubular Airlift Photobioreactor* (MTAP). MTAP diaplikasikan untuk sektor industri pada tahun 2010. CO₂ yang digunakan berasal dari cerobong boiler pabrik, yang dialirkan ke MTAP. Sistem MTAP tersebut kemudian disempurnakan tahun 2011, khususnya pada persambungan antar tabung. Selain itu sistem pemberian gas CO₂ yang semula diinjeksikan langsung ke masing-masing tabung MTAP, diubah menjadi injeksi hanya ke dalam satu tabung yang disebut tabung pencampur nutrisi. Serapan CO₂ pada sistem ini tidak mengalami peningkatan yang signifikan dan bahkan biomassa mikroalga turun. Pada tahun 2012 digunakan kembali sistem MTAP seperti pada tahun 2009, yang disempurnakan dengan sistem sirkulasi air yang lebih baik. Hasil ujicoba menunjukkan peningkatan serapan CO₂ dan biomassa mikroalga meningkat. Pada tahun 2013, kinerja FBR ditingkatkan dengan optimasi sistem pengoperasian FBR. Yang menjadi target optimasi adalah sistem pasokan CO₂ untuk meningkatkan penyerapan CO₂ oleh mikroalga dan dosis nutrisi yang optimal untuk meningkatkan produktivitas biomassa dan untuk mengetahui masa panen tepat (Kardono, Arif D.S., Muhammad H., Joko P., Dian P., Anies M., Iif M.I., 2014). Pada tahun 2014 sistem ini diinstalasi di depan Gedung Geotech – Kawasan Puspiptek, Serpong – Tangerang Selatan sebagai display pilot plant. Hal ini dilakukan untuk terus menguji sistem yang telah dirancang. Indikator

pertumbuhan *Chlorella* sp. yang digunakan yaitu kelimpahan sel mikroalga. Pemanenan kontinyu dilakukan dengan mengurangi volume larutan mikroalga kemudian menambahkan dengan larutan yang baru dalam sistem FBR MTAP yang dioperasikan.

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan kelimpahan sel pada kedua reaktor FBR MTAP agar dapat memprediksi periode pemanenan optimal mikroalga *Chlorella* sp. air tawar secara kontinyu tanpa pengurasan dan sterilisasi ulang sistem FBR MTAP.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan ini dilakukan dengan melakukan pengoperasian FBR MTAP di depan Gedung Geotech – Kawasan Puspiptek, Serpong – Tangerang Selatan dengan total kapasitas reaktor yaitu 600 L. Pengoperasian dilakukan untuk kegiatan tahun 2015 pada tanggal 29 April – 20 Mei 2015.

2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan kegiatan yang dilakukan diantaranya:

- 1) Mempersiapkan kultivasi di laboratorium untuk menyiapkan *stock* mikroalga *Chlorella* sp.

Stock mikroalga merupakan biakan benih murni mikroalga yang dibiakkan dalam suatu wadah yang steril dan aseptik untuk kemudian dipersiapkan untuk sediaan kultur masal tahapan selanjutnya. Tahapan kultivasi di laboratorium yang dilakukan diantaranya:

- a. Menyiapkan benih *Chlorella* sp. yang akan ditumbuhkan pada botol Erlenmeyer dengan perkiraan volume

benih yaitu sekitar 10% volume total *Erlenmeyer* kemudian di *top up* dengan *aquades* hingga volume *Erlenmeyer* tersebut terpenuhi.

- b. Menambahkan larutan nutrisi yaitu menggunakan nutrisi merk *Grow More™* (NPK 32-10-10) sebanyak 2 g/L.
- c. Menambahkan komponen aerasi pada masing-masing botol *Erlenmeyer*.
- d. Melakukan pengecekan harian.
- e. Setelah sekitar 2 minggu penanaman di laboratorium, mikroalga dipindahkan ke FBR MTAP dengan mensisakan larutan *stock* mikroalga untuk dikultivasi kembali di laboratorium.



Gambar 1. Kultivasi Mikroalga *Chlorella* sp. di Laboratorium

- 2) Melakukan penanaman pada FBR di halaman Gedung Geostech – BPPT Kawasan Puspiptek, Serpong – Tangerang Selatan.

FBR terdiri dari 2 reaktor masing-masing reaktor berkapasitas 300 L, seharusnya diperlukan sekitar 2 x 25 % x 300 L untuk *stock* larutan yang akan ditumbuhkan di FBR tersebut. Namun pada kenyataan di lapang, dikarenakan kapasitas laboratorium belum mampu

menyediakan *stock* 150 L, maka masing-masing reaktor diberikan larutan *stock* sekitar 18 L kemudian ditambahkan air tawar hingga memenuhi kapasitas volume reaktor.



Gambar 2. Proses memasukan *stock* larutan mikroalga *Chlorella* sp. ke dalam bak penampung



Gambar 3. Proses menambahkan larutan nutrisi



Gambar 4. Proses pengisian kolom – kolom reaktor dengan sistem pompa



Gambar 5. Mikroalga telah bersirkulasi di reaktor (HST 0)

- 3) Melakukan pemanenan tahap I
Pemanenan dilakukan dengan mengurangi volume larutan mikroalga 50 Liter masing – masing reaktor pada hari setelah tanam (HST) 12. Sistem yang dilakukan ketika pemanenan yaitu dengan mematikan sementara sistem pompa. Hal ini dilakukan agar saat kran dibuka tidak mengganggu sirkulasi dan agar menghindari kerusakan sistem. Setelah dilakukan pengurangan volume larutan mikroalga kemudian ditambahkan *stock* mikroalga yang baru dan sistem dijalankan seperti semula. Sistem ini beda dengan ujicoba sebelumnya yaitu sistem operasi penuh rata-rata 14-21 hari.



Gambar 6. Proses pemanenan I (HST 12)

- 4) Melakukan penambahan volume air pada reaktor dengan *stock* mikroalga dan penambahan

nutrisi.

Stock mikroalga yang diberikan masing-masing 10% dari 50 L dan ditambahkan air tawar hingga memenuhi kapasitas volume reaktor. Nutrisi yang ditambahkan sesuai dengan takaran 2 g/L untuk penambahan 50 L.

- 5) Melakukan pengamatan harian dan pengambilan sampel.

Fokus dari ujicoba ini yaitu jumlah kelimpahan sel dari hasil pemanenan kontinyu yang dilakukan. Sampel yang diambil yaitu larutan mikroalga dari tangki penampung dimasukkan dalam botol sampel antara 10-25 ml pada masing-masing reaktor yaitu Reaktor 1 dan Reaktor 2.

Indikator lain seperti kadar CO₂ menggunakan udara ambien tidak dilakukan pengambilan data. Selain itu indikator suhu dan intensitas cahaya tidak dilakukan pengukuran karena dianggap kondisinya seperti kultivasi mikroalga di FBR seperti ujicoba sistem operasi penuh seperti sebelumnya. Suhu optimal untuk pertumbuhan mikroalga jenis *Chlorella* adalah 20–30°C, namun suhu lingkungan ambien disekitar Gedung Geotech dari ujicoba sebelumnya tercatat 26-35°C, sedangkan dalam suhu air reaktor yang diukur dari bak penampungan berkisar antara 26-39°C. Kondisi di lingkungan tersebut memang kurang optimal untuk melakukan kultivasi mikroalga tanpa memberikan perlakuan tambahan seperti mereduksi panas langsung dari matahari dengan memberikan penutup tanpa terlalu menghalang cahaya yang diperlukan untuk pertumbuhan. Intensitas cahaya tidak dilakukan pengukuran dikarenakan faktor alat. Intensitas cahaya yang cukup untuk mikroalga adalah

berada pada kisaran 500-5000 lux, dengan siklus 12 jam terang dan 12 jam gelap (Kardono, Arif D.S., Muhammad H., Joko P., Dian P., Anies M., Iif M.I., 2014).

6) Melakukan penghitungan kelimpahan sel.

Terdapat dua cara untuk mengamati pertumbuhan mikroalga yaitu dengan melihat pertambahan besar ukuran sel mikroalga atau dengan mengamati pertambahan jumlah sel dalam satuan tertentu. Cara kedua lebih sering digunakan untuk mengetahui pertumbuhan mikroalga yaitu dengan penghitungan kelimpahan atau kepadatan sel mikroalga dari waktu ke waktu (Prabowo, D.A., 2009). Kelimpahan sel merupakan jumlah sel dalam media yang dihitung di bawah mikroskop untuk setiap ml. Kelimpahan sel menunjukkan pertumbuhan mikroalga dan dapat dijadikan tolak ukur kinerja alat.

Penghitungan kelimpahan mikroalga yaitu dengan menggunakan *sedgwich rafter* dan menggunakan *haemocytometer*. Penggunaan *haemocytometer* lebih sering digunakan dibandingkan *sedgwich rafter* untuk menghitung kelimpahan sel mikroalga karena faktor kemudahannya. Hal yang perlu disiapkan untuk menghitung jumlah sel dengan *haemocytometer* yaitu sampel larutan mikroalga yang diambil harian yang akan dihitung. Sampel harus diketahui berapa jumlah konsentrasi mikroalga dibandingkan jumlah air (volume inokulan dibanding volume total). Dalam pengambilan sampel perlu ditambahkan cairan berupa lugol. Hal tersebut selain akan mengawetkan cairan mikroalga

juga akan membuat warna sel lebih gelap sehingga lebih mudah untuk divisualisasikan melalui mikroskop. Sebagai mana tampilan *haemocytometer* pada Gambar 7, sampel yang telah diberi lugol perlu dicampur (dikocok) agar menyatu antara lugol dengan mikroalga. Sampel diteteskan secukupnya pada *counting chamber* kemudian ditutup dengan cover glass tipis (Perez, S., 2006).

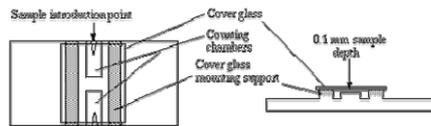


(a) (b)
Gambar 7. (a) Sampel Mikroalga;
(b) Mikroalga yang ditambahkan lugol

Pada penampang area *counting chamber* seperti pada Gambar 9, dapat terlihat bahwa terdapat luasan dengan serat garis yang halus pada tengah area. Area tersebutlah yang digunakan untuk menghitung jumlah sel mikroalga. Area tersebut terdiri dari 5 x 5 kotak (1/25 sq. mm) yang di dalamnya terdapat per satuan kotak terdapat 4 x 4 kotak (1/400 sq. mm) yang berukuran lebih kecil (Gambar 10). Ketika menghitung jumlah sel yang terdapat pada area harus dipastikan apabila posisi sel tersebut berada diantara garis didalam area penghitungan jangan sampai terjadi penghitungan ganda dengan sel yang sama. Sampel yang diukur agar terjadi keakuratan data harus dilakukan penghitungan dengan beberapa kali ulangan, misalnya 3x ulangan. Pada setiap penghitungan area yang

digunakan minimal 5 kotak (1/25 sq. mm) yang *representative*, misal pada ujung kanan kiri atas bawah dan kotak ditengah.

Filling the chamber:



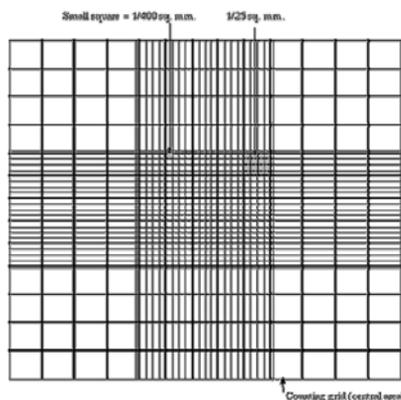
Gambar 8. Penampang *haemocytometer* (Perez,2006)

Untuk melakukan estimasi kelimpahan sel mikroalga dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

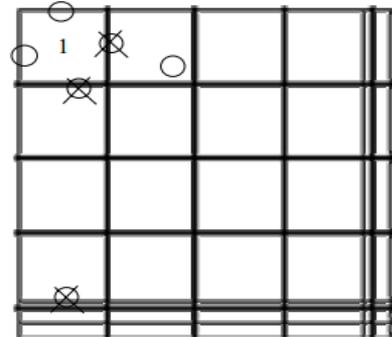
$$D = \left\{ \frac{N1 + N2}{2} \times \frac{(25 \times 10^4)}{n} \right\} \times DF$$

Keterangan:

- D = Jumlah sel/ml
- N1 = Jumlah sel dalam kotak pengamatan ke 1
- N2 = Jumlah sel dalam kotak pengamatan ke 2
- 25 = Konstanta
- x *Haemocytometer Neubauer*
- 104 =
- N = Jumlah kotak yang diamati
- DF = Faktor Dilusi (Volume Total/Volume Inokulan)



Gambar 9. Area counting chamber *Haemocytometer* dilihat dengan mikroskop



Gambar 10. Posisi sel mikroalga harus diperhatikan tidak boleh double counting

Dalam melakukan penghitungan kelimpahan sel dilakukan dengan menggunakan perhitungan sederhana dalam Microsoft Excel.

7) Melakukan pemanenan tahap II

Pemanenan dilakukan hanya sampai tahap II yaitu saat HST 21. Tahapan pemanenan dilakukan secara total. Hal ini disebabkan karena telah terjadi penurunan data kelimpahan sel. Hal ini menunjukkan indikasi perubahan kondisi yang sudah tidak lagi optimum yang disebabkan oleh faktor suhu, intensitas cahaya, pH dan ketersediaan hara serta beberapa faktor lain yang saling terkait.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Indikator pertumbuhan mikroalga yang digunakan yaitu jumlah kelimpahan sel mikroalga *Chlorella sp.* yang dipanen dari tahap I dan tahap II pemanenan dari FBR MTAP. Kultivasi mikroalga *Chlorella sp.* dilakukan pada dua reaktor FBR MTAP. Mikroalga ditumbuhkan dalam waktu 21 HST dan saat HST ke 12 dilakukan pemanenan dengan mengurangi volume 16,7% pada masing-masing reaktor. Hasil perhitungan jumlah sel mikroalga sebagai indikator pertumbuhannya

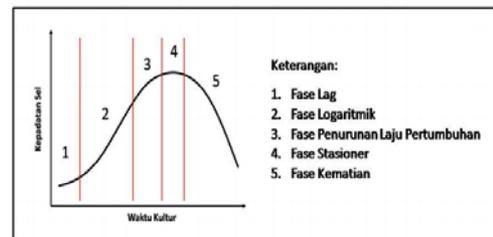
tersaji pada Tabel 1. Jumlah sel pada HST 12 dilakukan dua kali, yaitu 12-a sebelum dilakukan pengurangan volume mikroalga (pemanenan) dan 12-b setelah dilakukan penambahan volume air dan nutrisi.

Kelimpahan sel mikroalga digunakan sebagai indikasi pertumbuhan yang menggambarkan semakin padatnya jumlah sel. Sel berkembang biak dengan cara membelah diri. Pertumbuhan mikroalga yang diamati akan mengalami beberapa fase pertumbuhan, diantaranya fase lag (istirahat) dimana mikroalga pada fase ini proses metabolisme sudah berjalan namun belum terjadi pembelahan sel sehingga kelimpahan sel belum meningkat. Fase kedua yaitu fase logaritmik (eksponensial) dimana terjadi pembelahan sel dengan laju pertumbuhan meningkat secara intensif dan optimal dalam waktu 4–6 hari (Isnansetyo, A. dan Kurniastuty, 1995). Fase pertumbuhan lag dan logaritmik sulit untuk ditentukan yaitu terjadi pada selang 1-5 hari (Prabowo, D.A., 2009)).

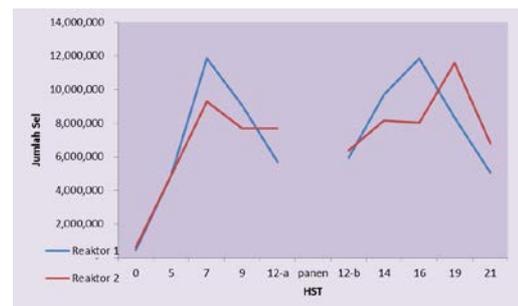
Tabel 1. Jumlah Sel pada Reaktor 1 dan Reaktor 2 FBR STAP

HST	Jumlah sel	
	Reaktor 1	Reaktor 2
0	450,000	617,500
5	4,882,500	4,882,500
7	11,850,000	9,300,000
9	9,050,000	7,700,000
12-a	5,717,500	7,700,000
Hari dilakukan pemanenan I		
12-b	5,932,500	6,400,000
14	9,700,000	8,150,000
16	11,850,000	8,017,500
19	8,332,500	11,582,500
21	5,067,500	6,800,000
Hari dilakukan pemanenan II		

Fase ketiga adalah fase penurunan laju pertumbuhan masih terjadi pembelahan sel tapi tidak seintensif fase sebelumnya. Fase keempat adalah fase stasioner yaitu laju reproduksi dan laju kematian seimbang. Dan yang terakhir yaitu fase kematian dengan ditandai laju kematian yang lebih besar dibanding laju reproduksinya.



Gambar 11. Kurva pertumbuhan mikroalga (Isnansetyo, 1995)



Gambar 12. Grafik perbandingan kelimpahan sel pada kedua reaktor

Pada Gambar 12 terlihat perbandingan pertumbuhan mikroalga dari kelimpahan sel dari kedua reaktor yaitu Reaktor 1 dan Reaktor 2. Pada periode I (masa sebelum pemanenan tahap I) terlihat fase lag terjadi pada HST 0-4 pada kedua reaktor. Kemudian terjadi fase selanjutnya yaitu fase logaritmik terjadi saat HST 5-6 berlaku untuk pada kedua reaktor. Pada HST 7 terjadi fase stasioner. Reaktor 1 mengalami penurunan laju pertumbuhan yang cukup drastis setelah HST 7 sedangkan pada Reaktor 2 pertumbuhan optimal

terjadi pada HST 7 kemudian mengalami penurunan laju pertumbuhan pada HST 8-9 dan setelah HST 9 mengalami fase stasioner. Perbedaan ini disebabkan faktor performa masing-masing reaktor berbeda sehingga dapat membuat laju pertumbuhan mikroalga tidak bersamaan.

Pada periode II (setelah pemanenan tahap I) terjadi perbedaan waktu fase untuk Reaktor 1 dan Reaktor 2 yang cukup terlihat. Pada Reaktor 1, fase *lag* terjadi pada HST 12-14, fase logaritmik terjadi pada HST 14-16, fase stasioner pada HST 16 dan mengalami penurunan laju pertumbuhan yang cukup drastis setelah HST 16. Pada Reaktor 2, fase *lag* terjadi pada HST 12-14, kemudian mengalami stasioner data pada HST 14-16. Fase logaritmik terjadi pada HST 16-19 dan pada HST 19 terjadi pertumbuhan optimal. Setelah HST 19 mengalami penurunan laju pertumbuhan yang cukup drastis.

Jika dilihat dari jumlah sel saat terjadi pemanenan masing-masing reaktor kemudian jumlah sel saat mulai kembali kultivasi mikroalga dengan menambahkan benih baru tidak terlihat perbedaan yang cukup signifikan. Saat HST 12 Reaktor 1 jumlah sel mikroalga sekitar 5.717.500 sel setelah dipanen (12-a) dan bernilai 5.932.500 sel setelah ditambahkan benih mikroalga yang baru (12-b). Sedangkan pada Reaktor 2 saat HST 12 jumlah sel mikroalga sekitar 7.700.000 sel setelah dipanen (12-a) dan bernilai 6.400.000 sel setelah ditambahkan benih mikroalga yang baru (12-b).

IV. KESIMPULAN

Perbandingan kelimpahan sel pada kedua reaktor FBR MTAP yang dilakukan ujicoba periode pemanenan mikroalga *Chlorella* sp. air tawar pada HST 12 dan HST 21 cukup

optimal untuk dilakukan secara kontinyu tanpa dilakukan pengurasan dan sterilisasi ulang sistem FBR MTAP. Hal ini terjadi karena setelah HST 9 sudah terjadi fase penurunan laju pertumbuhan yang mengarah fase kematian. Performa Reaktor 2 terlihat lebih baik dibanding Reaktor 1 dari indikator jumlah sel tersebut. Kondisi pertumbuhan mikroalga sangat tergantung pada lingkungan sekitar seperti faktor suhu, intensitas cahaya, pH, kadar CO₂ akan tetapi pada penelitian ini indikator tersebut tidak disertakan sehingga kurang optimal ujicoba yang dilakukan. Oleh karena itu dalam melakukan ujicoba perlu diperhatikan parameter lingkungan sehingga analisis yang dilakukan dapat lebih komprehensif. Selain itu ujicoba reaktor FBR MTAP dengan jangka waktu penggunaan yang lebih panjang serta tahapan panen yang lebih banyak juga masih diperlukan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Mehlitz, T.H, 2009, *Temperature Influence and Heat Management Requirements of Microalgae Cultivation in Photobioreactors.*, Thesis Faculty of California Polytechnic State University, San Luis Obispo
- Gross, M.A., 2013, *Development and optimization of algal cultivation systems*, Graduate Thesis Master of Science - Food Science and Technology - Iowa State University
- Posten, C, 2009, *Design Principles of Photo-bioreactors for Cultivation of Microalgae*, Institute of Life Science Engineering Vol. 9, No. 3, P. 165-177
- Shiddiqui, S., G N Rameshaiah, Kavya G, 2015, *Development of Photobioreactors for Improvement of Algal Biomass Production*, International Journal of Scientific Research Vol 4 Issue 1, January

- 2015
- Javanmardian, M., B.O. Palsson, 1991, *High-Density Photoautotrophic Algal Cultures: Design, Construction and Operation of a Novel Photobioreactor System*, *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 38, P.1182-1189
- Henrikson, R., 2011, *Rediscovery of 3.5 Billion Year Old Immortal Life Form*. <http://www.algaeindustrymagazine.com/special-report-spirulina-part-1-origins-and-biology/> [22 February 2011]
- Santoso, A.D., Abdil H. S. dan Diyono, 2010, *Kriteria Desain Fotobioreaktor Sistem Airlift Reactor*, *Jurnal Teknologi Lingkungan* Vol.11 No.1 Hal. 27 – 32, Jakarta, Januari 2010.
- Kardono, Arif D.S., Muhammad H., Joko P., Dian P., Anies M., Iif M.I., 2014, *Fotobioreaktor Teknologi Penyerapan Emisi Karbondioksida secara Biologi*, Pusat Teknologi Lingkungan
- Prabowo, D.A., 2009, *Optimasi Pengembangan Media untuk Pertumbuhan Chlorella sp. pada Skala Laboratorium*, Skripsi Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Perez, S., 2006, *Cell Counts using Improved Neubauer Haemocytometer*, <http://weis.science.oregonstate.edu/files/weis/Protocols/Symbiodinium/CeIl%20Counts.pdf> [23 February 2011]
- Isnansetyo, A. dan Kurniastuty, 1995, *Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplanton*, Yogyakarta: Kanisius

