

## PERTUMBUHAN DAN PRODUKTIVITAS MIKROALGA *CHLORELLA VULGARIS* PADA VARIASI DIAMETER KOLOM REAKTOR

Nofdianto, Tjandra Chrismadha, Rosidah, Yayah Mardiaty

### ABSTRAK

Beberapa kendala teknis yang harus dipertimbangkan dalam pengembangan sistem kultur massal mikroalga adalah disain konstruksi kultur yang cocok dengan jenis alga yang dikultur. Hingga saat ini fotobioreaktor tubuler telah dianggap sebagai alternatif pengembangan teknologi kultur alga satu sel yang potensial, dimana disain fotobioreaktor ini akan mendukung keseimbangan biologis alga dengan karakteristik fisik dari sistem yang dirancang. Salah satu bentuk pengembangan sistem fotobioreaktor tubuler adalah menentukan diameter kolom reaktor yang optimal untuk suatu jenis alga sehingga mampu mendukung laju pertumbuhan dan produktivitas tinggi. Telah dilakukan percobaan tentang pengaruh berbagai diameter kolom reaktor terhadap pola pertumbuhan dan produktivitas mikroalga *Chlorella vulgaris* di Laboratorium Limnologi-LIPI, Cibinong dengan menggunakan kolom gelas berdiameter 5cm, 10cm, 15cm dan 25cm sebagai perlakuan dan dua kali ulangan. Kepadatan sel dihitung di bawah mikroskop binokuler dengan menggunakan standar haemositometer *Improved Neubauer*. Berdasarkan laju pertumbuhan kepadatan sel, dihitung laju tumbuh kultur. Konsentrasi biomassa dihitung dari selisih berat kering pada suhu 100 oC dengan berat filter setelah diabukan. Dari laju pertumbuhan biomassa dihitung produktivitas kultur. Kandungan klorofil kultur ditentukan dengan menyaring 10 ml kultur pada kertas saring Whatman GF/C. Selanjutnya kandungan klorofil di tentukan dengan metode spektrofotometri. Setelah kultur dibiarkan tumbuh secara *batch culture*, kultur *Chlorella vulgaris* menunjukkan korelasi negatif antara laju tumbuh dan produktivitas kultur dengan diameter kolom reaktor. Penurunan kepadatan kultur berturut-turut adalah 17,157 juta sel/ml menjadi 4,25 juta sel/ml terjadi sesuai dengan kenaikan diameter kolom reaktor dari 5cm menjadi 25cm. Begitu juga halnya dengan parameter biomassa kultur 1,45 gr/l menjadi 0,43 dan kandungan klorofil kultur 3,358 mg/l menjadi 1,578. Hasil ini menunjukkan betapa pentingnya faktor diameter kolom reaktor dalam pengembangan fotobioreaktor tubuler untuk kultur mikroalga.

Kata Kunci : Pertumbuhan, Produktivitas, Fotobioreaktor, Diameter Kolom, Laju tumbuh, *Chlorella vulgaris*

## PENDAHULUAN

Dewasa ini mikroalga telah dianggap sebagai sumber protein sel tunggal yang digunakan sebagai makan suplemen bergizi tinggi, obat-obatan dan bahan baku kimia organik. Selain itu ketersediaan mikroalga di alam sangat memegang peranan penting sebagai sumber pakan alami untuk kelangsungan hidup larva ikan dan berbagai jenis hewan komoditi perairan lainnya ( De Pauw & Persoone, 1988 ; Notowinarto, 1993).

Produksi massal mikroalga pada umumnya dilakukan dengan sistem kolam terbuka. Meskipun menurut Law *et al.* (1988) pada kolam terbuka skala kecil nilai produktivitas biomassa relatif tinggi, namun pada skala yang lebih besar umumnya produktivitas sistem ini jauh lebih kecil. Beberapa faktor yang menjadi kendala terhadap laju pertumbuhan dan produktivitas mikroalga dalam sistem kolam terbuka, terutama distribusi cahaya yang kurang akibat kepadatan kultur, penampang kolam dan pengaruh lingkungannya sendiri (Richmond & Grobbellar, 1986).

Untuk mengatasi kendala-kendala tersebut di atas, akhir-akhir ini telah banyak dikembangkan sistem kultur tertutup (Borowitzka & Borowitzka, 1989), yaitu dengan desain fotobioreaktor kolom dimana peningkatan produktivitas dicapai dengan rasio permukaan per volume yang tinggi. Desain ini telah dibuktikan dapat meningkatkan produktivitas kultur mikroalga (Pirt *et al.* 1983). Selain itu juga terbukti bahwa, fotobioreaktor kolom dapat meningkatkan laju fotosintesis pada berbagai jenis alga, seperti *Phorphyridium cruentum* (Chaumont *et al.* 1988), *Spirulina platensis* (Torzilla *et al.* 1986), *Scenedesmus obliquus* (Pulz, 1993), dan *Phaeodactylum tricornutum* (Chrismadha & Borowitzka, 1993).

Nilai rasio permukaan per volume sangat berkaitan dengan diameter kolom. Makin kecil kolom makin tinggi nilai rasio permukaan per volumenya. Tamiya *et al.* (1953) melaporkan bahwa, laju fotosintesis alga berbanding terbalik dengan diameter kolom tersebut. Pada prinsipnya diameter kecil mempermudah terjadinya gerak turbulen di dalam kolom sehingga suspensi kultur lebih efisien dalam penggunaan energi cahaya untuk proses fotosintesisnya. Namun semakin kecil diameter kolom juga berarti berkurangnya volume total kultur, sehingga berakibat pada penurunan total produktivitas biomassa. Mengingat peningkatan laju tumbuh pada sistem ini perlu juga memperhatikan produktivitas totalnya persatuan luas yang digunakan.

Dalam hal ini perlu dikaji diameter optimum bagi produktivitas biomassa alga yang maksimal.

Berdasarkan latar belakang diatas dilakukan ujicoba pengaruh berbagai diameter kolom terhadap pola pertumbuhan dan produktivitas kultur mikroalga *Chlorella vulgaris* dengan tujuan untuk mengkaji diameter kolom yang optimum bagi produktivitas biomassa jenis alga tersebut.

### BAHAN DAN METODE

Percobaan ini dilakukan di Laboratorium Limnologi-LIPI, Cibinong dengan menggunakan kolom gelas berdiameter 5 cm, 10 cm, 15 cm, dan 25 cm sebagai perlakuan dan dua kali ulangan, dengan permukaan yang sama yaitu 40 cm. Untuk menghasilkan gerak turbulen pada media kolom digunakan pompa udara yang berkapasitas 3 lt/menit, dan pengaduk magnetik digunakan untuk mengaduk kultur serta pergantian udara di dalam kultur. Media tumbuh yang dipakai adalah media PHM yang telah dimodifikasi (Chrismadha & Nofidianto, 1993) dengan pH awal 6. Kultur disuplay dengan gas CO<sub>2</sub> melalui tabung gas dengan laju alir sekitar 30 ml/menit atau sekitar 1 % dari laju alir udara. Sebagai sumber cahaya digunakan 8 buah lampu TL 40 watt yang di susun paralel pada sisi kolom dan jarak kolom diatur sedemikian rupa sehingga intensitas cahaya yang jatuh di setiap permukaan sekitar 5.500 luks.

*Chlorella vulgaris* yang digunakan didapat dari hasil isolasi Puslitbang Limnologi-LIPI yang ditumbuhkan pada skala 500 ml, selanjutnya ditumbuhkan pada media PHM steril dengan intensitas cahaya 2500 luks pada suhu kamar. Inokulasi dilakukan dengan teknik pengenceran 10 kali sehingga kepadatan awal kultur adalah 0,125 juta sel/ml. Kultur dibiarkan tumbuh secara *batch culture* selama 4 minggu, dan setiap dua hari sekali dilakukan pengambilan contoh untuk menghitung kepadatan sel, konsentrasi biomassa, klorofil dan pencatatan suhu serta pH kultur. Untuk menghindari kesalahan akibat terjadinya penguapan setiap kali pengambilan contoh dilakukan penambahan aquades steril sampai posisi permukaan sebelumnya.

Kepadatan sel dihitung di bawah mikroskop binokuler dengan menggunakan standar haemositometer *Improved Neubauer*. Berdasarkan laju pertumbuhan kepadatan sel, dihitung laju tumbuh kultur berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$\mu = \frac{\ln X_t / X_0}{t}$$

dimana:  $\mu$  = laju tumbuh (pembelahan sel / hari)  
 $X_t$  = kepadatan sel pada waktu t (sel / ml)  
 $X_0$  = kepadatan awal kultur (sel / ml)  
 $t$  = waktu (hari)

Menghitung konsentrasi biomassa (gram berat organik/ml) ditentukan dengan menyaring 10 ml kultur pada kertas saring Whatman GF/A yang sebelumnya telah dipanaskan pada suhu 450 °C selama satu malam dan ditimbang. Filter berikut sampelnya dikeringkan pada suhu 100 °C selama satu jam dan ditimbang. Setelah itu filter diabukan pada suhu 450 °C dan ditimbang kembali. Konsentrasi biomassa dihitung dari selisih berat kering pada suhu 100 °C dengan berat filter setelah diabukan. Dari laju pertumbuhan biomassa dihitung produktivitas kultur berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{B_t - B_0}{t}$$

dimana:  $P$  = produktivitas biomassa (gram/l/hari)  
 $B_t$  = konsentrasi biomassa hari t  
 $B_0$  = konsentrasi biomassa awal  
 $t$  = waktu (hari)

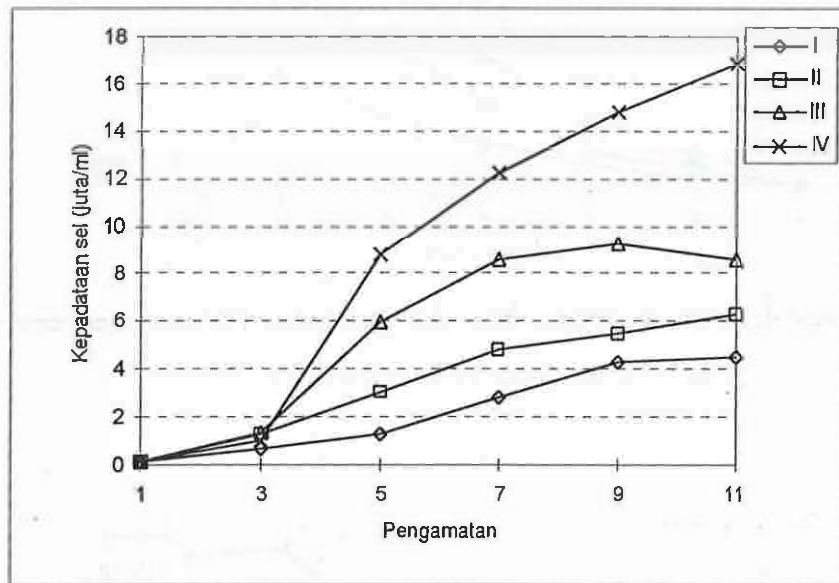
Kandungan klorofil kultur ditentukan dengan menyaring 10 ml kultur pada kertas saring Whatman GF/C. Selanjutnya kandungan klorofil di tentukan dengan metode spektrofotometri.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

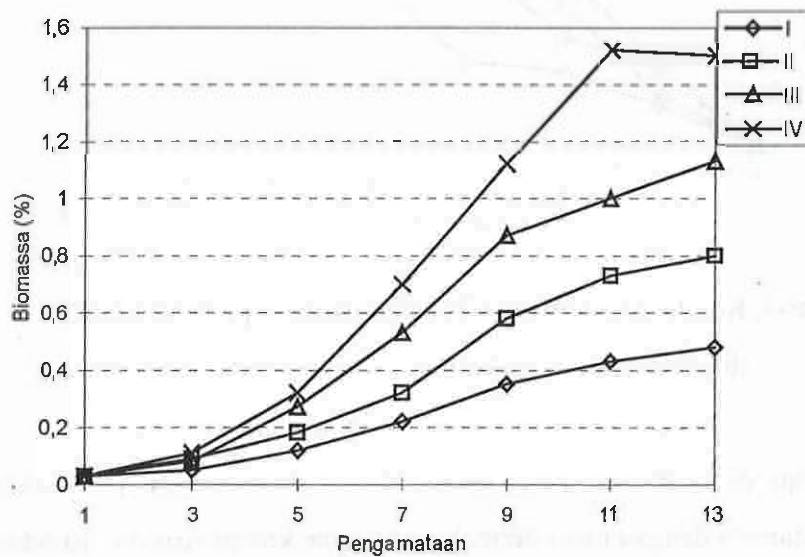
Berdasarkan hasil pengamatan terlihat bahwa pertumbuhan kultur *Chlorella vulgaris* yang tercermin dari laju pertambahan kepadatan sel (Gambar 1. & 2.) menurun sesuai dengan bertambahnya diameter kolom reaktor berturut-turut 5 cm, 10



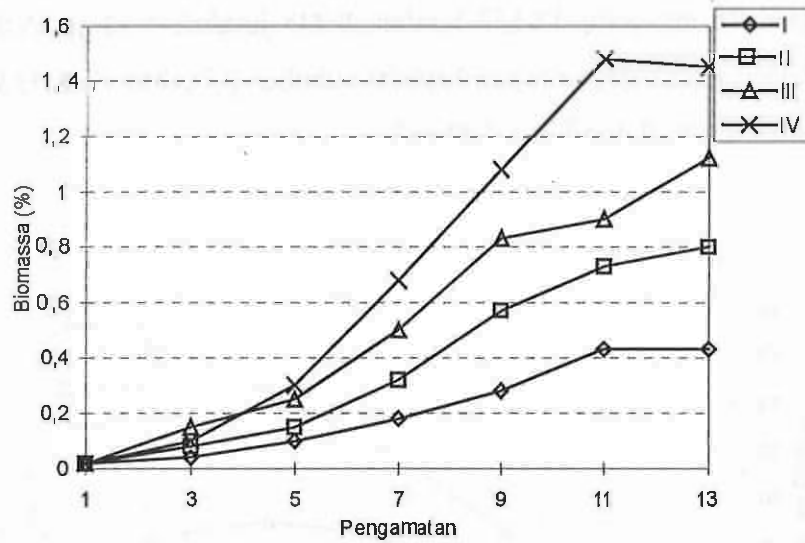
cm, 15 cm dan 25 cm yaitu 17,157 juta/ml, 8,335 juta/ml, 5,81 juta/ml dan 4,25 juta/ml. Demikian juga halnya dengan kepadatan kultur (Gambar. 3 & 4) yaitu turun dari 1,45 gr/l, 1,12 gr/l, 0,8 gr/l dan 0,43 gr/l.



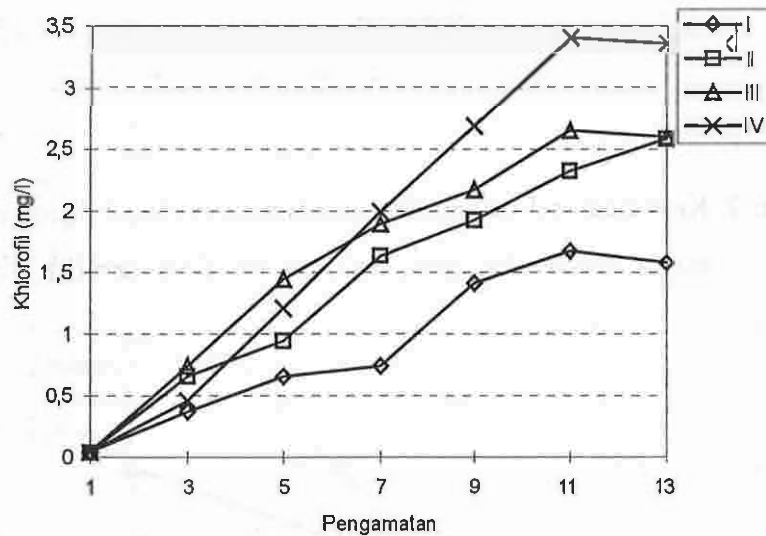
Gambar 2. Kepadatan sel *Chlorella vulgaris* pada berbagai diameter kolom reaktor (I=25cm, II=15cm, III=10cm dan IV=5cm).



Gambar 3. Biomassa kering kultur *Chlorella vulgaris* pada berbagai diameter kolom reaktor.



Gambar 4. Biomassa setelah filter diabukan kultur *Chlorella vulgaris* pada berbagai diameter kolom reaktor.



Gambar 5. Kandungan klorofil *Chlorella vulgaris* pada berbagai diameter kolom reaktor.

Pola laju pertumbuhan yang ditunjukkan oleh beberapa parameter di atas sangat erat kaitannya dengan rasio permukaan/volume kolom reaktor. Rendahnya nilai rasio tersebut mengakibatkan terhambatnya distribusi cahaya sampai ke tengah kolom, terutama bila kepadatan tinggi. Penelitian-penelitian bioenergetik fotosintesis telah menunjukkan bahwa sel-sel alga hanya memberikan respon pada radiasi cahaya yang

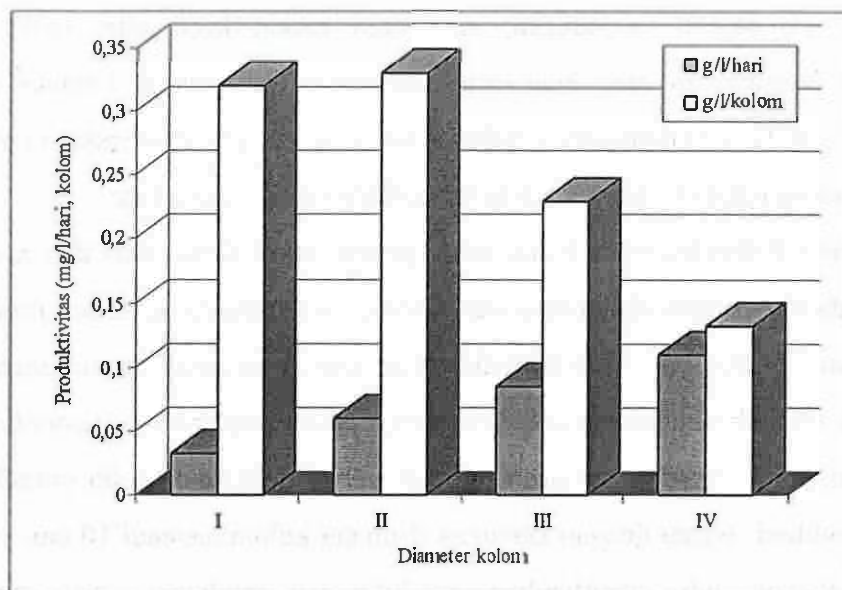
jatuh ke permukaan selnya (Rabe & Benoit, 1962; Raven, 1988). Pada kultur yang sangat padat radiasi cahaya hanya mencapai beberapa mm dari permukaan kultur, sehingga laju fotosintesis sangat tergantung pada distribusi sel-sel alga ke bagian permukaan kulturnya. Begitu sebaliknya tingginya rasio permukaan/volume kolom reaktor memberikan kesempatan pada sel-sel alga di dalamnya untuk lebih sering terekspose ke bagian permukaan, sementara makin kecil nilai rasio tersebut, diperlukan pengadukan yang kuat untuk mencapai distribusi sel optimal seperti di atas. Pirt *et al.* (1983) melaporkan bahwa distribusi sel optimal demikian tercapai bila di dalam kolom reaktor telah terjadi gerak turbulen yang cukup kuat.

Produktivitas biomasa kultur pada penelitian ini dilihat dari dua aspek, yang pertama adalah produktivitas persatuan volume kultur dan yang kedua produktivitas total persatuan kolom. Produktivitas per satuan volume kultur secara nyata berbanding terbalik dengan diameter kolomnya, yaitu tertinggi 0,11 gram/l/hari pada kolom diameter 5 cm, dan menurun menjadi 0,085 gram/l/hari, 0,06 gram/l/hari dan 0,032 gram/l/hari, sesuai dengan kenaikan diameter kolom menjadi 10 cm, 15 cm dan 25 cm. Namun bila diperhatikan produktivitas totalnya justru menunjukkan perbandingan yang lurus dengan diameter kolomnya yaitu 0,132 gram/l/kolom, 0,229 gram/l/kolom, 0,33 gram/l/kolom, sesuai dengan penambahan diameter kolom berturut-turut yaitu 5 cm, 10 cm, 15 cm dan 25 cm. Hal ini disebabkan terutama oleh berkurangnya volume total kultur pada kolom berdiameter kecil.

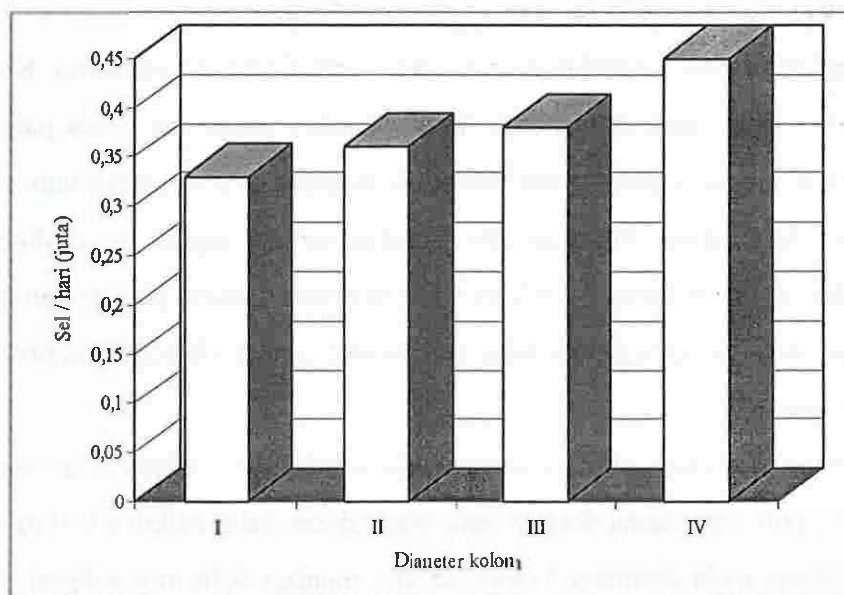
Pengkajian nilai produktivitas ini harus diteliti dengan seksama. Konsentrasi biomassa yang tinggi dianggap mempermudah proses panen dan pasca panen, untuk itu konsentrasi biomasa yang padat sangat diharapkan. Namun disisi lain penurunan produktivitas total akibat berkurangnya volume kultur tetaplah harus diperhatikan. Suatu kondisi optimum diameter kolom yang berkaitan dengan pencapaian kepadatan biomasnya harus dikaji sesuai dengan keperluan produksi biomasa dan proses panen dan pasca panennya.

Laju tumbuh yang dihitung berdasarkan pembelahan sel/hari (Gambar 6.) juga menunjukkan pola yang sama dengan parameter diatas, yaitu naiknya laju tumbuh dari 0,33 juta sel/hari pada diameter kolom 25 cm, menjadi 0,36 juta sel/hari, 0,38 juta sel/hari dan 0,45 juta sel/hari berturut-turut pada diameter 15 cm, 10 cm dan 5 cm. Hal ini jelas menunjukkan bahwa semakin kecil diameter kolom semakin besar laju

pertumbuhan kultur *Chlorella vulgaris* tentunya sangat terkait dengan proses fotosintesis yang berlangsung disetiap kolom. Pendapat ini juga didukung oleh hasil yang dilaporkan Tamiya *et al.* (1953), bahwa laju fotosintesis alga *Chlorella sp* berbanding terbalik dengan diameter kolom tumbuhnya.



Gambar 6. Produktivitas persatuan volume dan persatuan kolom kultur *Chlorella vulgaris* pada berbagai diameter kolom reaktor.



Gambar 7. Laju tumbuh sel *Chlorella vulgaris* pada berbagai diameter kolom reaktor.



## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil dan pemahasan di atas dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut :

1. Diameter kolom reaktor berpengaruh pada laju pertumbuhan dan produktivitas mikroalga *Chlorella vulgaris*.
2. Laju pertumbuhan dan produktivitas persatuan volume kultur berbanding terhalik penamhahan ukuran diameter kolom reaktor.
3. Peningkatan produktivitas per volume total kultur berbanding lurus dengan bertambahnya ukuran diameter kolom reaktor.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chaumont, D. Thepenier, C., Gudin, C. 1988. Scaling up a tubular photoreactor for continuous culture of *Phorphyridium cruentum* from laboratory to pilot plant. In: Stadler, T., Mollion, J., Verdu, M.C., Karamonas, Y., Morvan, H., Christiaen, D.(eds). *Alga Biotechnology*. Elsevier Applied Science, London: 199- 108.
- Chrimadha. T & Borowitzka, M.A. 1993. Growth and lipid production of *Phaedactylum tricornutum* in tubular photobioreaktor. In: Moi, P.S., Lee, Y.K., Borowitzka, M.A., Whitton, B.A. (eds.). *Algal Biotechnology in the Asia Pacific Region*. Institute of Advance Studies, University of Malaya. Kulalumpur.
- Laws, E.A., S. Taguchi, J. Hirata, and L. Pang. 1988. Optimisation of microalgal production in a shallow outdoor flume. *Biotechnology and bioengineering*. 5: 2319-2335
- Lee, Y-K. 1986. Enclosed bioreactors for the mass cultivation of photosynthetic microorganisms: the future trend. *Trend in Biotechnology*. 4: 186 - 189
- Lee, Y-K. & C-S. Low. 1991. Effect of photobioreaktor inclination on the biomass productivity of outdoor algal cultures. *Biotechnology and Bioengineering*. 38 995- 1000

- Lee, E.T.Y., Bazin, M.J. 1990. A laboratory scale air-lift helical photobioreactor to increase biomass output rate of photosynthetic algal culture. *New Phytology*. 116: 331-335.
- Pirt, S.J., Lee, Y.K., Walach, M.R., Pirt, M., Bayuzi, H.H.M. 1983. A tubular bioreactor for photosynthetic production of biomass from carbondioxyde: design and performance. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 33B: 35-58.
- Rabe, A.E. & Benoit, J. 1962. Mean light intensity - A useful concept in correlating growth rate of dense culture of microalgae. *Biotechnology and Bioengineering*. 4: 377 - 390.
- Raven, J.A. 1988. Limit to grow. In: Borowitzka, M.A. & Borowitzka, L.J. *Microalgal Biotechnology*. Cambridge: Cambridge University Press. Pp 331-390.
- Tamiya, H., Haze, E., Shibata, K., Iwamura, T., Nikei, T., and Sasa, T. 1953. Kinetics of growth of *Chlorella*, with special reference to its dependence on quantity of available light and on temperature. In Burlew, J.S. (ed.) *Algal culture from laboratory to pilot plant*. Washington. Cambridge University. Pp. 204-234.
- Torzilla, G., Pushparaj, B., Bocci, F., Balloni, W., Materassi, R., Florenzano, G. 1986. Production of *Spirulina* biomass in closed photobioreactors. *Biomass*. 11: 61-74.