

PERTUMBUHAN DAN PRODUKTIVITAS ALGA *SCENEDESMUS* *DIMORPHUS* PADA VARIASI DIAMETER KOLOM REAKTOR

Nofdianto, Tjandra Chrismadha, Rosidah, Yayah Mardiaty

s

ABSTRAK

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 *Scenedesmus dimorphus* 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 pertambahan kepadatan sel, dihitung laju tumbuh kultur. Konsentrasi biomassa dihitung dari selisih berat kering pada suhu 100 °C 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 *Scenedesmus dimorphus* menunjukkan penurunan kepadatan kultur maksimal dari 30,6 juta sel/ml menjadi 7,94 juta sel/ml terjadi sesuai dengan kenaikan diameter kolom reaktor dari 5cm menjadi 25cm. Begitu juga halnya dengan parameter biomassa kultur 1,62 gr/l menjadi 0,68 gr/l dan kandungan klorofil kultur 2,92 mg/l menjadi 1,72 mg/l. Hasil perhitungan laju tumbuh (pembelahan sel/hari) dan produktivitas (gram/l/hari) kultur menunjukkan korelasi negatif dengan bertambahnya diameter kolom, namun produktivitas (gram/l/kolom) berbanding lurus dengan pertambahan diameter kolom.

Kata Kunci : Pertumbuhan, Produktivitas, Fotobioreaktor, Diameter Kolom,

Scenedesmus dimorphus

PENDAHULUAN

Keragaman jenis mikroalga tercermin dari keanekaragaman metaboliknya dan begitu banyak metabolik-metabolik mikroalga ini yang cenderung menjadi komoditi yang berharga, seperti bahan baku berbagai produk kesehatan dan obat, pertanian, industri makanan dan lain sebagainya, terutama dalam bentuk pigmen, lipid, asam lemak, sterol, polisakarid dan toksin (Pohl *et al.* 1987; Borowitzka 1986). Dengan demikian pengembangan sistem kultur massal sel mikroalga semakin menarik perhatian para ahli sampai sekarang ini.

Secara umum telah diketahui dua sistem kultur massal mikroalga yaitu kultur dengan wadah terbuka atau open systems dan kultur dengan menggunakan wadah tertutup atau closed systems. Meskipun dari segi biaya konstruksi kultur sistem terbuka lebih murah daripada sistem tertutup, namun sistem ini masih banyak kelemahan dibanding close system yaitu kultur alga dapat dengan mudah terkontaminasi oleh mikroorganisme lain (jenis alga lain, bakteri dan jamur parasit dan zooplankton) dan sulit mengontrol kondisi pertumbuhan secara teliti dan lain sebagainya (Pohl *et al.* 1987). Pada percobaan-percobaan skala kecil nilai produktivitas biomassa sistem kolam terbuka memang tinggi (e.g. Laws *et al.* 1988), namun pada skala yang lebih besar pada umumnya produktifitas sistem ini jauh lebih kecil (e.g. Goldman. 1979; Richmond & Grobbelaar. 1986).

Kebutuhan dasar untuk pertumbuhan mikroalga adalah tersediannya sumber cahaya, air, karbon dioksida dan nutrien inorganik yang dalam skala besar kultur mikroalga secara teoritis relatif sama dengan kultur mikroorganisme lainnya. Beberapa kendala teknis yang harus dipertimbangkan dalam pengembangan sistem kultur massal mikroalga adalah konstruksi kultur yang cocok dengan jenis alga yang dikultur yang mana disain reaktor ini akan mendukung keseimbangan biologis alga dengan karakteristik fisik dari sistem yang dirancang (Chaumont *et al.* 1987). Pada pengembangan fotobioreaktor tubular, diameter kolom merupakan salah satu faktor utama yang harus dipertimbangkan.

Secara teoritis semakin kecil diameter kolom tumbuh semakin besar gerak turbulensi yang terjadi, sehingga memberikan kontribusi lebih besar terhadap meningkatnya laju fotosintesis (Pirt *et al.* 1983). Namun semakin berkurangnya

diameter kolom juga berarti terjadi penurunan volume total kultur, yang berarti rendahnya total produktivitas biomassa alga.

Paper ini melaporkan hasil percobaan pengaruh diameter kolom pada pertumbuhan dan produktivitas kultur alga *Scenedesmus dimorphus*, untuk mengkaji diameter kolom optimum bagi produktivitas biomassa 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 kultur 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 CO₂ 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.

Scenedesmus dimorphus yang digunakan sebagai organisme uji coba didapatkan 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 pengenceran 10 kali sehingga kepadatan awal kultur adalah 0,03 juta sel/ml. Kultur dibiarkan tumbuh secara *batch culture* selama satu bulan, 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 pertambahan kepadatan sel, dihitung laju tumbuh kultur berdasarkan rumus sebagai berikut :

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

dimana: μ = laju tumbuh (pembelahan sel / hari)

X_t = kepadatan sel pada waktu t (sel / ml)

X_0 = kepadatan awal kultur (sel / ml)

t = waktu (hari)

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

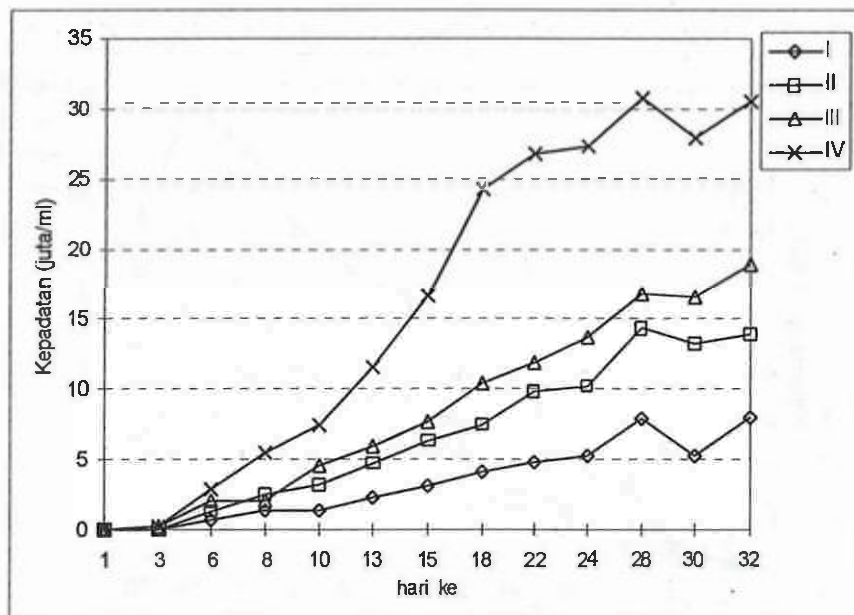
B_0 = konsentrasi biomassa awal

t = waktu (hari)

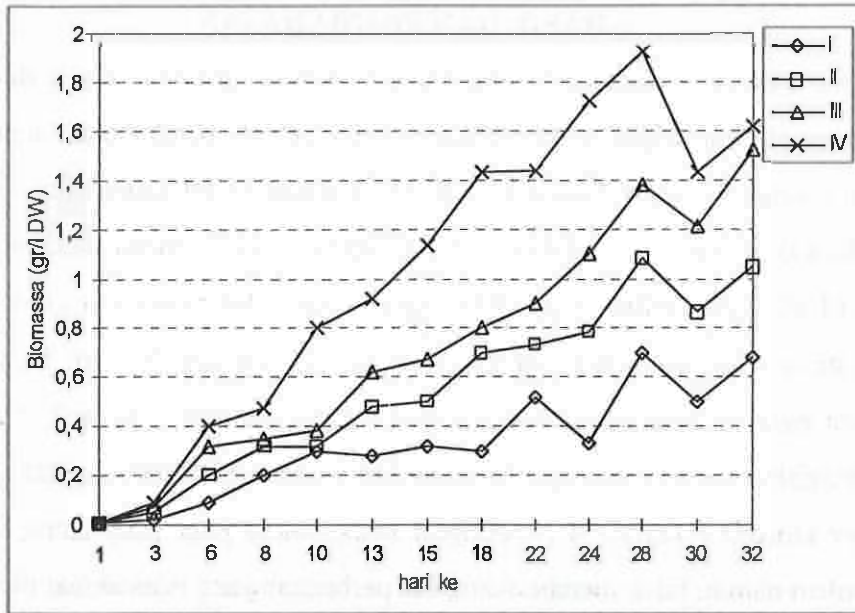
Kandungan klorofil kultur ditentukan dengan menyaring 10 ml kultur pada kertas saring Whatman GF/A. Selanjutnya kandungan klorofil di tentukan dengan metode spektrofotometri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

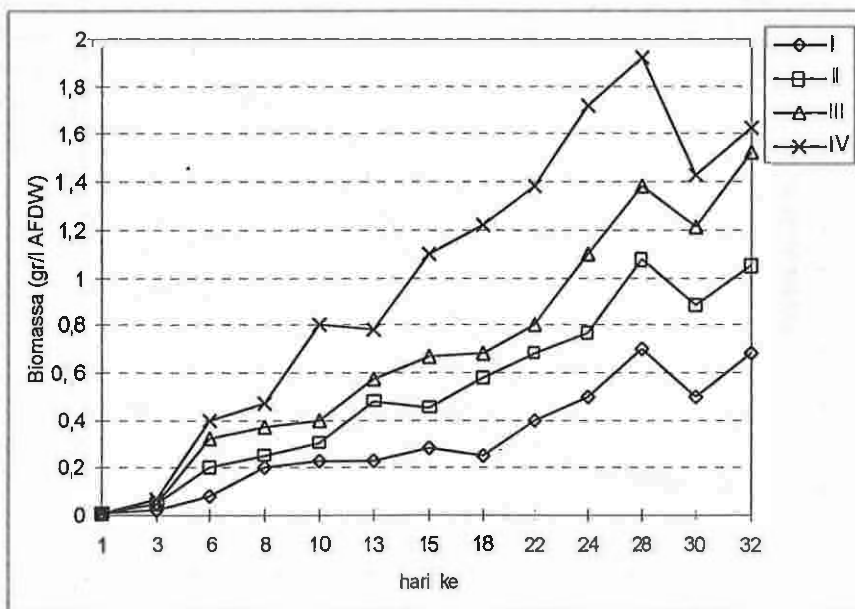
Dari beberapa parameter yang telah diamati secara jelas dapat dilihat bahwa pertumbuhan kultur dapat diekspresikan dalam bentuk penambahan kepadatan sel (Gambar 1.) dan biomassa (Gambar 2 & 3). Kepadatan sel maksimum yang dicapai pada kolom diameter 5 cm adalah 30,6 juta sel/ml, dan menurun menjadi 18,87 juta sel/ml, 13,88 juta sel/ml dan 7,94 juta sel/ml berturut-turut sesuai dengan meningkatnya diameter kolom uji yaitu 10 cm, 15 cm dan 25 cm. Demikian juga penurunan biomasa maksimum mulai dari 1,62 gr/l menjadi 1,52 gr/l, 1,05 gr/l dan 0,68 gr/l sejalan dengan naiknya diameter kolom seperti tersebut diatas. Sedangkan parameter klorofil (Gambar 4.) meskipun menunjukkan pola yang sama dengan laju pertumbuhan namun tidak memberikan pola perbedaan yang jelas akibat dari pengaruh diameter kolom reaktor yang diuji.



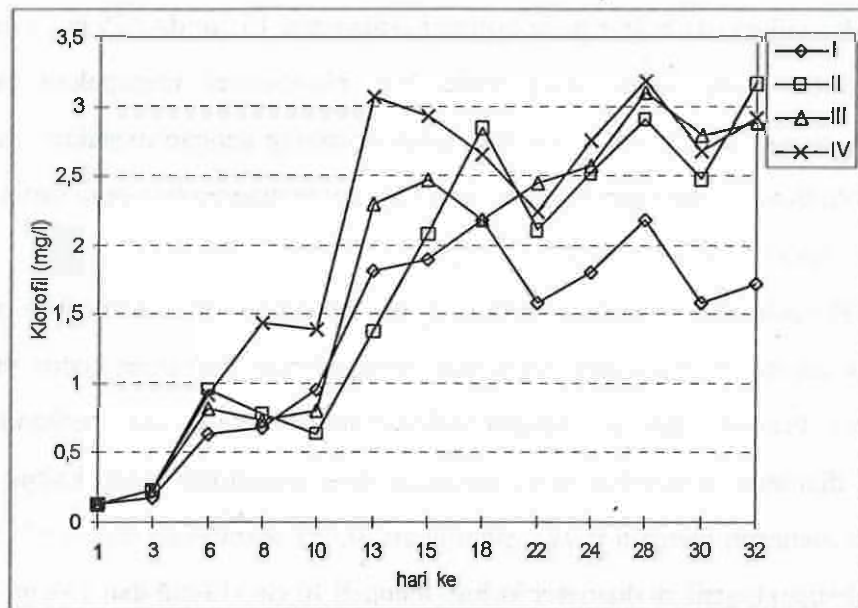
Gambar 1. Kepadatan sel kultur *Scenedesmus di morphus* pada berbagai diameter kolom reaktor (I=25cm, II=15cm, III=10cm, IV=5cm).



Gabar 2. Biomassa kering kultur *Scenedesmus dimorphus* pada berbagai diameter kolom reaktor.



Gambar 3. Biomassa kultur *Scenedesmus dimorphus* pada berbagai diameter kolom reaktor.

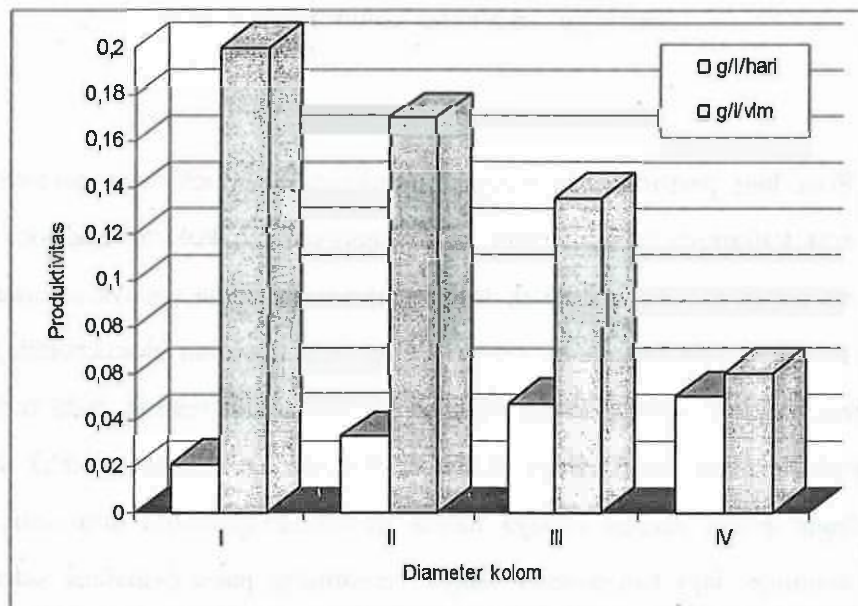


Gambar 4. Kandungan klorofil kultur *Scenedesmus dimorphus* pada berbagai diameter kolom reaktor

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. Sebaliknya rasio permukaan/volume kolom reaktor yang tinggi 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, yaitu berkorelasi dengan angka Reynold di atas 2000.

Kenaikan pH kultur pada kolom berdiameter 15 cm dan 25 cm yang mencapai 9 dan 8,25 yang berlangsung pada fase eksponensial merupakan indikasi dari penyerapan gas CO₂ yang tinggi dan tidak seimbang dengan masukan gas yang ada yaitu 30 ml/menit, sehingga laju alir gas CO₂ harus dipertimbangkan untuk setiap fase pertumbuhan kultur mikroalga.

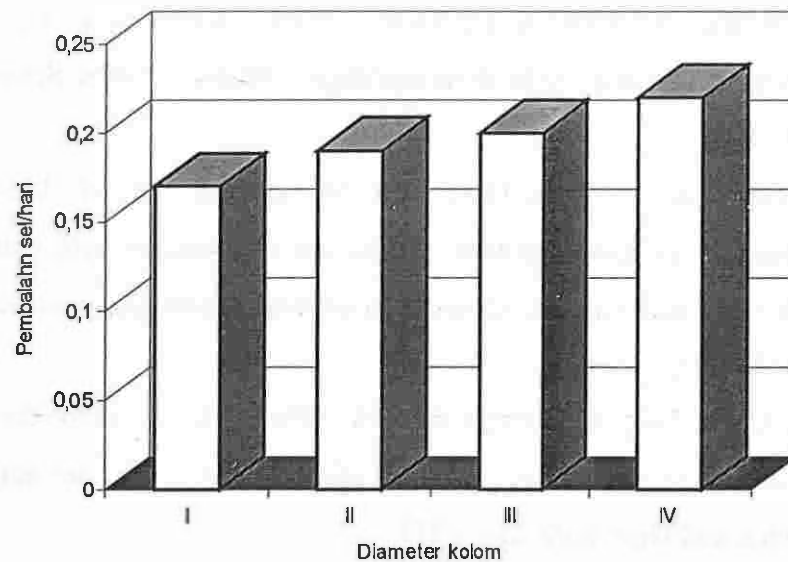
Produktivitas biomasa kultur pada penelitian ini dilihat dari aspek yang pertama adalah produktivitas persatuan volume kultur dan yang kedua produktivitas totalnya. Produktivitas per satuan volume kultur secara nyata berbanding terbalik dengan diameter kolomnya, yaitu tertinggi 0,05 gram/l/hari pada kolom diameter 5 cm, dan menurun menjadi 0,047 gram/l/hari, 0,033 gram/l/hari dan 0,021 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.



Gambar 5. Produktivitas kultur *Scenedesmus dimorphus* pada berbagai diameter kolom reaktor

Laju tumbuh yang dihitung berdasarkan pembelahan sel/hari (Gambar 6.) juga menunjukkan pola yang sama dengan parameter diatas, yaitu naiknya laju tumbuh dari 0,17 pembelahan sel/hari pada diameter kolom 25 cm, menjadi 0,19 pembelahan

sel/hari, 0,20 pembelahan sel/hari dan 0,22 pembelahan sel/hari berturut-turut pada diameter 15 cm, 10 cm dan 5 cm. Hasil ini sesuai jika dibandingkan dengan hasil yang dilaporkan Tamiya *et al.* (1953), bahwa laju fotosintesis alga *Chlorella* berbanding terbalik dengan diameter kolom tumbuhnya.



Gambar 6. Laju pembelahan sel *Scenedesmus dimorphus* pada berbagai diameter kolom reaktor.

KESIMPULAN DAN SARAN

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

1. Diameter kolom reaktor berpengaruh pada laju pertumbuhan dan produktivitas mikroalga *Scenedesmus dimorphus*.
2. Laju pertumbuhan dan produktivitas persatuan volume kultur berbanding terbalik penambahan ukuran diameter kolom reaktor.
3. Peningkatan produktivitas pervolume total kultur berbanding lurus dengan bertambahnya ukuran diameter kolom reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

- Borowitzka, M.A. 1986. Microalgae as source of fine chemicals. *Microb. Sci.*, 3 (12) . 372-375.
- Chaumont, D. Thepenier, C., Gudin, C. 1987. Scaling up a tubular photoreactor for continuous culture of *Phorphyridium cruentum* from laboratory to pilot plant. In: Stadler, T., Mollion, J., Verdus, M.C., Karamonas, Y., Morvan, H., Christiaen, D.(eds). *Alga Biotechnology*. Elsevier Applied Science, London: 199- 108.
- 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.
- Pohl, P., Kohlhase, M., and Martin, M. 1987. Photobioreactors for the axenic mass cultivation of microalgae. In: *Algal Biotechnology*. Elsevier applied science. London and New York. 209-217.
- 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.
- Richmond, A. & Grobbelar. 1986.
- 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.