

UJI PENDAHULUAN PERFORMMAN TUMBUH ALGA *CHLORELLA* SP DALAM FOTOBIOREAKTOR TUBULAR

Tjandra Chrismadha, Hidayat, I.G.A.F. Setiawan,
Rosidah, Yayah Mardiaty

ABSTRAK

Alga hijau, *Chlorella* sp ditumbuhkan secara semikontinu pada fotoreaktor tubular yang dilengkapi dengan kompartemen serta arus yang mengontrol suspensi sel alga terekspose secara intermitan pada permukaan kolom tubularnya, sementara untuk kontrol digunakan kolom tubular tanpa kompartemen. Meskipun menghambat laju tumbuh sel alga, penambahan kompartemen pada fotoreaktor tubular tersebut dapat meningkatkan konsentrasi biomasa kultur rata-rata 26,25%, sementara rasio protein/karbohidrat yang lebih rendah menunjukkan laju fotosintesis yang lebih tinggi pada kolom berkompartemen tersebut. Penelitian lebih lanjut masih perlu dilakukan untuk optimasi potensi desain fotoreaktor tersebut.

PENDAHULUAN

Sampai dengan saat ini produksi masal mikroalga terutama dilakukan dengan sistem kolam terbuka. Nilai produktivitas biomasa yang tinggi ($> 40 \text{ g/m}^2/\text{hari}$) dengan sistem ini telah dilaporkan pada kolam percobaan sekala kecil (e.g. Laws *et al.* 1988), namun pada sekala yang lebih besar pada umumnya produktivitas sistem ini jauh lebih kecil (e.g. Goldman 1979; Richmond & Grobbelaar 1986). Berbagai faktor menjadi kendala yang membatasi produktivitas mikroalga dalam sistem kolam terbuka, diantaranya:

- a. distribusi cahaya yang kurang baik akibat kepadatan kultur dan kedalaman kolam (Vonshak & Richmond 1985; Richmond & Grobbelaar 1986).
- b. perbedaan suhu siang dan malam yang besar (Torzillo *et al.* 1986; Tredici & Materassi 1992).
- c. Kontaminasi (Goldman & Ryther 1976; Vonshak *et al.* 1983; De Pauw *et al.* 1984; Richmond & Grobbelaar 1986).

Dalam dekade terakhir banyak dikembangkan sistem kultur tertutup dalam upaya mengatasi kendala-kendala produktivitas seperti tersebut di atas (Lee 1986; Borowitzka & Borowitzka 1989; Tredici *et al.* 1991), yaitu dengan desain

fotobioreaktor tubular dimana peningkatan produktivitas dicapai dengan rasio permukaan/volume yang tinggi. Desain ini telah dibuktikan dapat meningkatkan produktivitas kultur mikroalga (Pirt *et al.* 1983; Lee 1986; Lee & Bazin 1991).

Demikian juga berbagai keunggulan telah dikemukakan, yaitu:

- a. lebih tahan terhadap kontaminasi dan evaporasi (Torzillo *et al.* 1986)
- b. lebih mudah mengatur faktor lingkungan untuk optimasi pertumbuhan; diantaranya DO (Gudin *et al.* 1984; Tredici *et al.* 1991), dan suhu (Gudin *et al.* 1984; Torzillo *et al.* 1986; Lee & Low 1991)
- c. dapat dibangun di tempat terbuka di mana saja (Torzillo *et al.* 1986).

Peningkatan laju fotosintesis pada kolom tubular disebabkan oleh gerak turbulen suspensi kultur dalam kolom yang dipacu oleh kekuatan arusnya (Pirt *et al.* 1983). Gerak turbulen tersebut menghantarkan sel-sel alga pada area gelap-terang secara intermitan sehingga terjadi efisiensi penggunaan energi radiasi cahaya untuk proses fotosintesisnya. Disamping memerlukan masukan energi yang tinggi, pemacuan gerak turbulen dalam kolom tubular yang melibatkan motor penggerak (*mixing device*) juga dapat mengganggu pertumbuhan sel-sel alga karena benturan sel-sel tersebut dengan motor penggerak maupun arus suspensi kulturnya (*shear factor*; Gudin & Chaumont, 1991). Tingkat gangguan demikian meningkat sejalan dengan dengan kenaikan diameter kolom tubular dan volume kultur, karena kekuatan arus yang diperlukan untuk terjadinya gerak turbulen juga semakin besar. Untuk mengurangi kendala *shear factor* ini, serta mengembangkan sistem kultur tertutup yang lebih murah, pada penelitian ini gerak suspensi kultur pada kolom tubular akan dimanipulasi untuk mendapatkan efek eksposur intermitan dengan menggunakan aerasi (*air-lifting*) sebagai tenaga penggeraknya, yaitu dengan membagi kolom tubular menjadi kompartemen-kompartemen berhubungan yang memaksa suspensi kultur mengalir ke bagian permukaan dan bagian tengah kolom secara teratur, dimana frekuensi pertukarannya dapat diatur dengan jarak kompartemen terpasang maupun dengan kecepatan arus alirnya.

BAHAN DAN METODE

Jenis Alga dan Cara Uji Unjuk Kerja

Uji coba pendahuluan dilakukan pada jenis *Chlorella sp.*, yang diambil dari koleksi jenis alga Puslitbang Limnologi LIPI. Media yang digunakan adalah media PHM.

Fotobioreactor

Desain fotobioreaktor diarahkan pada upaya optimasi penyerapan energi radiasi cahaya intensitas tinggi oleh sel-sel alga, yaitu dengan menciptakan kondisi dimana sel-sel alga terdistribusi pada cahaya secara intermitan (*flashing light effect*). Pencapaian kondisi distribusi sel di atas dilakukan dengan pengaliran suspensi kultur pada suatu kolom gelas dengan kompartemen yang secara teratur mendistribusikan sel-sel alga ke permukaan/dinding kolom yang dieksposekan kepada intensitas cahaya tinggi, dalam waktu kurang dari satu detik. Waktu dan frekuensi intermitan diatur dengan mengontrol kecepatan arus alir suspensi kultur, diameter kolom tubular, serta jarak antara sel kompartemenya. Kecepatan arus dikontrol dengan kekuatan aerasinya.

Uji Coba

Inokulum diambil dari kultur 500 ml umur 2 minggu, yang ditumbuhkan dalam media PHM steril pada intensitas cahaya 2.500 luks dan suhu ruangan 28 - 32 °C. Percobaan dilakukan pada fotoreaktor terbuat dari bahan gelas diameter 10 cm dengan volume kultur efektif 1.900 ml, yang direndam didalam *bath* akuarium yang dilengkapi dengan sirkulasi air melalui sistem pendingin. Dinding kompartemen terbuat dari plat melamin 1 mm yang ukursannya disesuaikan dengan diameter kolom reaktor, sementara jarak antara dinding kompartemen adalah 2 cm. Sebagai pembanding digunakan kolom gelas berukuran sama tanpa dilengkapi dengan kompartemen. Aerasi diberikan dari sebuah hiblower yang disaring dengan kapas, serta sumber cahaya dari sebuah lampu halogen 500 watt yang dipasang dengan intensitas cahaya 10.000 luks pada permukaan bath akuariumnya. Alga ditumbuhkan secara monoalga dengan sistem semikontinu, yaitu kultur alga tersebut dipanen secara periodik setiap 2 hari sebanyak 500 ml dan ditambah dengan media segar hingga kembali pada level permukaan kultur awalnya. Pada hari ke 18 kultur dilakukan

penambahan CO₂ pada aliran udara aerasinya. Kepadatan sel kultur dihitung setiap 2 hari sekali sesuai dengan waktu panennya, sementara parameter kandungan khlorofil dan rasio protein/karbohidrat disampling sebanyak 2 kali.

Kepadatan sel dihitung di bawah mikroskop dengan menggunakan haemositometer. Biomasa alga diekspresikan dalam berat organiknya, yang ditentukan dengan menyaring 3 ml sampel melalui filter Whatman GF/A yang sebelumnya telah dipanaskan pada 600 °C selama satu jam. Setelah itu filter dioven pada suhu 100 °C semalam dan ditimbang. Untuk menentukan berat organik, filter kemudian diabukan pada 600 °C selama satu jam, dan setelah disimpan di dalam desikator yang berisi silika gel semalam, filter tersebut ditimbang kembali. Bobot organik alga didapat dengan mengurangi bobot filter setelah dioven 100 °C dengan berat setelah diabukan. Kandungan khlorofil dianalisa menurut metode Jeffrey & Humprey (1975). Sementara Rasio total karbohidrat/protein digunakan untuk evaluasi respon internal alga terhadap kondisi cahaya sebagai akibat desain fotoreaktor, dimana total protein ditentukan berdasar metode folin-fenol (Lowrey *et al.* 1951), dan total karbohidrat dengan metode fenol-asam sulfat (Kochert 1978).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alga *Chlorella sp* dapat tumbuh dengan baik pada kedua kolom fotoreaktor, meskipun terlihat bahwa kepadatan sel yang dicapai pada kolom berkompartemen relatif lebih rendah dibanding dengan kolom tanpa kompartemen (Gambar 1). Hal ini menunjukkan adanya kemungkinan stress yang ditimbulkan oleh pemasangan kompartemen terhadap pertumbuhan alga tersebut. Sementara itu penambahan CO₂ pada aerasi meningkatkan kepadatan sel kultur, meskipun tidak meningkatkan laju tumbuh sel-sel alga tersebut.

Meskipun menghambat laju tumbuh sel, ternyata kompartemen dapat meningkatkan konsentrasi biomasa alga hingga rata-rata 26,25% (Gambar 2). Diduga meskipun laju tumbuhnya lebih rendah, namun sel-sel alga dalam kolom berkompartemen lebih besar ukurannya, sehingga secara keseluruhan biomasanya lebih besar.

- increase biomass output rate of photosynthetic algal cultures. *New Phytologist*. 116: 331-335
- 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 photobioreactor inclination on the biomass productivity of outdoor algal cultures. *Biotechnology and Bioengineering*. 38: 995 - 1000
- Richmond, A. & U. Grobbelaar. 1986. Factors affecting the output rate of *Spirulina platensis* with reference to mass cultivation. *Biomass*. 10: 253 -264
- Torzillo, G., B. Puspharaj, F. Bocci, W. Balloni, R. Materassi, and G. Florenzano. 1986. Production of *Spirulina* biomass in closed photobioreactors. *Biomass*. 11: 61-74
- Tredici, M.R. & R. Materassi. 1992. From open ponds to vertical alveolar panel : the Italian experience in the development of reactors for the mass cultivation of phototrophic microorganisms. *Journal of Applied Phycology*. 4: 221-231
- Tredici, M.R., P. Carluzzi, G.C. Zitelli, and R. Materassi. 1991. A vertical alveolar panel (VAP) for outdoor mass cultivation of microalgae and cyanobacteria. *Bioresource Technology*. 38: 153 - 159
- Vonshak, A. & A. Richmond. 1985. Problems in developing the biotechnology of algal biomass production. *Plant and soil*. 89: 129- 135
- Vonshak, A., S. Boussiba, A. Abeliovich, and A. Richmond. 1983. Production of *Spirulina* biomass. Maintenance of monoalgal cultures outdoors. *Biotechnology and Bioengineering*. 25: 341 - 349