

Pengaruh Laju Alir dan Konsentrasi Gas CO₂ Terhadap Produksi Biomassa Oleh Mikroalga *Chlamydomonas sp*

Rufaida Nur Rostika

Program Diploma Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Pandanaran
Kampus Universitas Pandanaran, Semarang, Indonesia

Abstrak

Mikroalga Chlamydomonas sp memiliki potensi dalam membiofiksasi CO₂ dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan tambahan. Perlakuan variasi laju alir dan konsentrasi gas CO₂ pada kultur Chlamydomonas sp menunjukkan hasil akhir produksi biomassa dan laju biofiksasi CO₂ yang berbeda. Produksi biomassa pada konsentrasi gas CO₂ 40% volume menghasilkan 5,685 gr/dm³, sedangkan pada konsentrasi gas CO₂ 10% volume menghasilkan 4,892 gr/dm³. Penyerapan gas CO₂ oleh mikroalga paling besar terjadi pada konsentrasi 40% volume yaitu sebesar 12,09%. Laju pertumbuhan dan produktivitas mikroalga cenderung naik pada konsentrasi CO₂ 10% volume dan 20% volume namun mulai konstan pada konsentrasi CO₂ 30% volume dan 40% volume. Perlakuan penelitian terhadap Chlamydomonas sp dilakukan pada reaktor buble coloumn dan tubular dengan 6 liter medium kultur pada suhu 28°C dan tekanan atmosferik.

Kata kunci : Mikroalga, *chlamydomonas sp*, biofiksasi CO₂, biogas

Abstract

Microalgae Chlamydomonas sp have a potential to biofix CO₂ and can be used as an additional food ingredient. Treatment variations of flow rate and gas concentration of CO₂ in Chlamydomonas sp culture show the final results of biomass production and CO₂ biofixation rates are different. Biomass production on the concentration of CO₂ in 40% volum yield 5.685 gr/dm³ whereas the concentration of CO₂ in 10% volum yield 4.892 gr/dm³. The greatest absorption of CO₂ occurs at a concentration of 40% volum amounting to 12.09%. The rate of growth and productivity of microalgae tend to rise in CO₂ concentration of 10% volum and 20% volum, but started a constant at CO₂ concentration of 30% volum and 40% volum. Treatment studies of Chlamydomonas sp performed on buble coloumn and tubular reactor with 6 liters of culture medium at a temperature of 28°C and a atmospheric pressure.

Keywords : Microalga, *chlamydomonas sp*, CO₂ biofixation, biogass

Pendahuluan

Beberapa tahun terakhir ini krisis energi merupakan persoalan yang krusial di dunia termasuk Indonesia. Peningkatan penggunaan energi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk,

bertambahnya jumlah industri dan menipisnya sumber cadangan minyak dunia serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberikan tekanan kepada setiap negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi

terbarukan (*renewable energy*) yaitu

Persoalan yang ada tentang produksi biogas adalah kandungan CO₂ dan H₂S yang tinggi. Gas CO₂ dalam biogas berkisar antara 30-40% sedangkan H₂S 100-300 ppm (Juanga, 2007). Kandungan CO₂ ini menurunkan nilai kalor biogas sehingga biogas hanya digunakan sebagai bahan bakar skala rumah tangga. Umumnya nilai kalor dengan kandungan CO₂ 30-40% adalah 4800-6900 kkal/m³, hal ini masih jauh di bawah metana murni yaitu 9000 kkal/m³ (Nurhasanah dkk, 2006). Sedangkan H₂S merupakan komponen yang berbahaya karena sifatnya yang korosif. Kedua komponen tersebut merupakan hal penting untuk diperhatikan dalam rangka peningkatan nilai kalor biogas sebagai pengganti bahan bakar fosil.

Produktivitas minyak oleh mikroalga sangat banyak melebihi produktivitas minyak tanaman yang lain. Sebagai mikroorganisme fotosintetik, mikroalga membutuhkan sumber karbon yang tinggi dan menurut perhitungan 1 gr mikroalga membutuhkan 1,8 gr CO₂ (Borowitzka, 1999) sehingga mikroorganisme ini mempunyai potensial yang besar untuk penyerapan CO₂ di biogas.

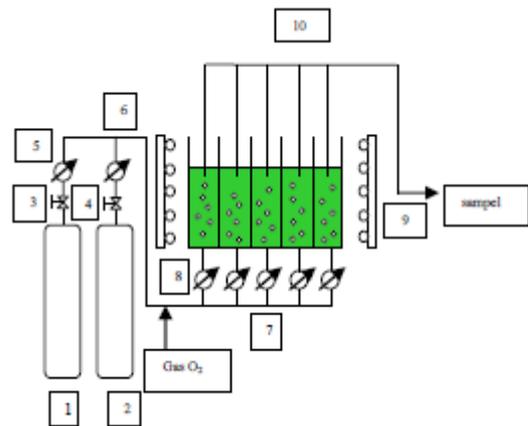
Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan alternatif cara penyerapan gas CO₂ sehingga dapat diaplikasikan untuk memperoleh bahan bakar biogas dengan nilai kalor tinggi (kandungan *methane* lebih dari 95%) dengan memanfaatkan mikroalga sebagai media purifikasinya.

Metode Penelitian

Produksi biomassa *Chlmydomonas sp* dilakukan pada kondisi operasi suhu 28°C, tekanan atmosferik, variabel laju alir gas CO₂ 0,031 l/l min - 0,071 l/l min dan konsentrasi gas CO₂ 10% volume - 40%

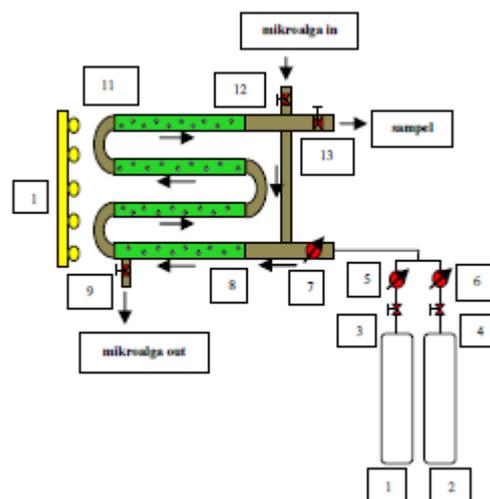
biogas.

Reaktor yang digunakan adalah jenis *buble coloumn* pada percobaan konsentrasi CO₂ 10% volume dan 20% volume seperti pada gambar 1, dan reaktor tubular pada percobaan konsentrasi CO₂ 30% volume dan 40% volume seperti pada gambar 2. Medium kultur yang digunakan sebanyak 6 liter dengan pencahayaan 4 lampu Philip masing-masing berdaya listrik 20W.



Gambar 1.

Rangkaian alat penelitian untuk konsentrasi gas CO₂ 10% volume dan 20% volume, 1. Tabung gas N₂; 2. Tabung gas CO₂; 3. Valve tabung gas N₂; 4. Valve tabung gas CO₂; 5. Flow meter tabung gas N₂; 6. Flow meter tabung gas CO₂; 7. Flow meter *photobioreactor*; 8. *Photobioreactor* jenis *buble coloumn*; 9. Lampu; 10. Hasil gas



Gambar 2.

Rangkaian alat penelitian untuk konsentrasi gas CO₂ 30% volume dan 40% volume , 1. Tabung gas N₂; 2. Tabung gas CO₂; 3. Valve tabung gas N₂; 4. Valve tabung gas CO₂; 5. Flow meter tabung gas N₂; 6. Flow meter tabung gas CO₂; 7. Flow meter photobioreactor; 8. Photobioreactor jenis tubular column; 9. Valve keluaran mikroalga; 10. Lampu; 11. Elbow; 12. Valve masukan mikroalga; 13. Tempat pengambilan sampel

Tahapan penelitian dimulai dengan membiakkan kultur murni *Chlamydomonas sp* pada variasi laju alir gas CO₂ dan variasi konsentrasi gas CO₂ dengan tujuan untuk memperoleh data pertumbuhan mikroalga. Pada percobaan dengan konsentrasi CO₂ 10% volume dan 20% volume tidak ditetapkan perbandingan rasio nutrient, sedangkan pada percobaan dengan konsentrasi 30% volume dan 40% volume menggunakan rasio nutrient dimana unsur C dijadikan *limiting*.

Setelah harga kultivasi mendekati 1 dengan membacanya di spektrofotometer pada panjang gelombang 680 nm (OD680) pembiakan kultur dihentikan dan dilakukan beberapa analisa seperti analisa hasil gas untuk mengetahui seberapa besar gas CO₂ yang dapat diserap oleh mikroalga dengan rumus :

$$\frac{\text{mol CO}_2 \text{ yang terserap}}{\text{mol CO}_2 \text{ total}} \times 100\% \quad (1)$$

Analisa produksi biomassa dengan memplotkan hasil absorbansi pada masing-masing variabel ke kurva standar untuk dikonversi ke nilai biomassa.

Analisa growth rate dan produktivitas mikroalga dengan rumus :

$$\mu(t)/\text{hari} = \ln \frac{X(t)}{X(0)} \quad (2)$$

$$\text{produktivitas}/\text{hari} = \frac{\text{biomassa}}{\text{hari}} \quad (3)$$

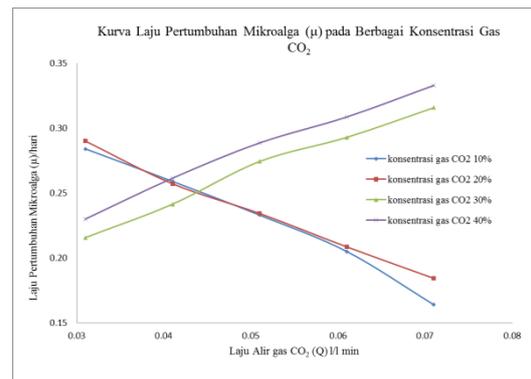
Disini X(t) adalah produksi biomassa pada waktu tertentu, sedangkan X(0) adalah nilai biomassa awal. Produktivitas dihitung dengan produksi biomassa pada konsentrasi tertentu dibagi dengan lama kultivasi.

Perbedaan perlakuan kondisi pH antara konsentrasi CO₂ 10% volume dan 20% volume yang diatur pada pH asam serta pada konsentrasi CO₂ 30% volume dan 40% volume yang diatur pada pH basa sangat mempengaruhi hasil analisa.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Efek Laju Alir Gas CO₂

Pada penelitian ini, laju alir gas CO₂ dibuat bervariasi untuk mengetahui efek laju alir gas CO₂ terhadap laju pertumbuhan mikroalga seperti terlihat dalam gambar 3.



Gambar 3.

Kurva laju pertumbuhan mikroalga pada berbagai konsentrasi gas CO₂

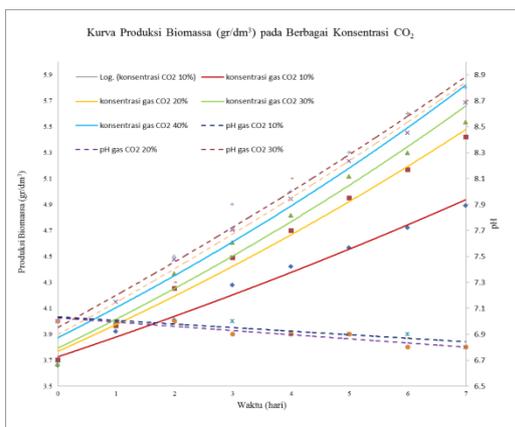
Semakin tinggi laju alir gas CO₂ maka semakin tinggi laju pertumbuhan mikroalga dan

produktivitasbiomassanya (Wilde and Benemann, 1993). Pada penelitian yang dilakukan Wilde dan Benemann, reaktor yang digunakan berjenis *buble coloumn* dengan laju alir gas CO₂ bervariasi yaitu 0,1 - 0,5 l/min, sedangkan konsentrasi gas CO₂ yang digunakan adalah 40% volume. Namun hal ini tidak terlihat pada konsentrasi gas CO₂ 10% volume dan 20% volume karena masih menggunakan alat penelitian pertama (gambar 1) dengan desain terbuka sehingga dapat menyebabkan waktu tinggal gas CO₂ di dalam medium kultur tidak optimal.

Maka dari itu diperlukan *redesign* alat agar gas CO₂ mempunyai waktu tinggal dalam medium kultur lebih lama sehingga laju pertumbuhan mikroalga menjadi optimal. Alat yang telah didesain ulang (gambar 2) digunakan pada konsentrasi gas CO₂ 30% volume dan 40% volume.

3.2 Efek Konsentrasi Gas CO₂

Pada penelitian ini, konsentrasi gas CO₂ dibuat bervariasi untuk mengetahui efek konsentrasi gas CO₂ terhadap produksi biomassa seperti terlihat dalam gambar 4.



Gambar 4.

Kurva produksi biomassa berbagai konsentrasi CO₂ (Q=0,071 l/min)

Karbondioksida (CO₂) merupakan faktor yang penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme mikroalga (Hoshida dkk, 2005).

Mikroalga dapat menyerap CO₂ pada kisaran pH dan konsentrasi gas CO₂ yang berbeda. Efisiensi dari penyerapan CO₂ oleh mikroalga tergantung dari pH kultivasi dan dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi gas CO₂ (Olaizola dkk, 2004).

Terlihat pada gambar 4 sampai konsentrasi gas CO₂ 40% volume dengan laju alir 0,071 l/min menghasilkan biomassa 5,685 gr/dm³, sedangkan untuk konsentrasi awal gas CO₂ 10% volume hanya menghasilkan biomassa 4,892 gr/dm³, hal ini disebabkan karena CO₂ yang diserap oleh mikroalga digunakan untuk proses fotosintesis dimana hasil dari proses fotosintesis tersebut adalah karbohidrat yang merupakan sumber utama dari biomassa.

3.3 Pengaruh Nutrient

Nutrisi yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga terdiri dari makro dan mikro nutrient. Untuk makro nutrient terdiri dari C, H, N, P, K, S, Mg dan Ca, sedangkan untuk mikro nutrient antara lain Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Mo, Bo, Vn dan Si. Dan yang menjadi faktor pembatas untuk mikroalga adalah N dan P (Dallaire dkk, 2007).

Tabel 1.

Pengaruh penambahan nutrient pada waktu kultivasi dan harga μ

Parameter	Tanpa nutrient (percobaan 1)	Dengan nutrient (percobaan 4)
Waktu kultivasi	10 hari	7 hari
Harga μ /hari (Q=0,071 l/min)	0,16	0,33
Produksi Biomassa (gr/dm ³)	4,892	5,685

Pada tabel 1 terlihat bahwa pada percobaan 1 (tanpa penambahan

nutrient), waktu yang dibutuhkan untuk kultivasi mikroalga lebih lama yaitu 10 hari dibandingkan percobaan 4 (dengan penambahan nutrient) yang hanya membutuhkan waktu 7 hari. Sedangkan laju pertumbuhan pada percobaan 4 lebih besar dibandingkan dengan percobaan 1.

Hal ini disebabkan karena dengan penambahan nutrient, mikroalga memperoleh tambahan makanan untuk pertumbuhannya sehingga dapat mempersingkat waktu kultivasi mikroalga.

3.4 Penyerapan Gas CO₂

Pada penelitian ini, kemampuan mikroalga *Chlamydomonas sp* dalam menyerap gas CO₂ terlihat dalam tabel 2.

Tabel 2.

CO₂ yang terserap oleh mikroalga pada laju alir gas CO₂ 0,071 l/min

Konsentrasi gas CO ₂ (% volume)	CO ₂ terlarut awal (%)	CO ₂ terlarut akhir (%)	CO ₂ yang terserap (%)
10	8,82	5,79	3,03
20	17,73	11,85	5,88
30	29,76	20,61	9,15
40	38,44	26,35	12,09

Penggunaan karbondioksida pada kultivasi mikroalga memiliki beberapa keuntungan, seperti mikroalga tumbuh di air, lebih mudah diamati pertumbuhannya daripada tumbuhan tingkat tinggi, mikroalga dapat tumbuh sangat cepat dan mikroalga tidak membutuhkan tempat atau lahan yang sangat luas untuk tumbuh (Benemann, 1997).

Untuk organisme seperti mikroalga, karbondioksida merupakan faktor yang penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme mikroalga (Hoshida dkk, 2005).

Pada tabel 2 di atas terlihat kemampuan penyerapan gas CO₂ oleh

mikroalga mencapai 12,09% sebanding dengan penambahan konsentrasi gas CO₂. Hal ini membuktikan bahwa CO₂ digunakan oleh mikroalga untuk menambah jumlah sel dalam medium kultur dimana sel-sel mikroalga tersebut mulai memproduksi biomassa.

3.5 Efek CO₂ terhadap CCM / CA

CCM atau CO₂ Concentrating Mechanism membahas mengenai CA (Carbonic Anhydrase) yang terdapat pada intracellular maupun extracellular, dimana CA dimanfaatkan untuk membantu proses fotosintetik senyawa karbonat menjadi biomassa. CO₂ yang terdapat pada medium kultur akan menjadi jenuh sehingga akan berubah menjadi senyawa karbonat apabila bereaksi dengan air. Senyawa karbonat inilah yang akan dirubah ke biomassa dengan bantuan CA.

Pada gambar 4 terlihat produksi biomassa masih terus bertambah berbanding lurus dengan penambahan konsentrasi CO₂. Hal ini menjelaskan bahwa CA masih efektif / belum jenuh sehingga konsentrasi CO₂ masih bisa ditingkatkan.

Kesimpulan

1. Semakin tinggi laju alir gas CO₂ maka laju pertumbuhan serta produktivitas biomassa juga mengalami kenaikan selama waktu tinggal gas CO₂ optimal sehingga gas CO₂ dapat dimanfaatkan oleh media kultur.
2. Semakin tinggi konsentrasi gas CO₂ maka produksi biomassa masih terus bertambah selama CA masih efektif / belum jenuh sehingga gas CO₂ dapat dirubah menjadi senyawa karbonat yang dapat dimanfaatkan media kultur menjadi biomassa.

3. Pengaturan ketersediaan nutrient sangat mempengaruhi pertumbuhan media kultur dengan nitrat yang tercukupi (dibuat berlebih).

Daftar Acuan

Benemann, G. (1997). Characterization of Marine Microalga for Biofuel Production. *Journal of Biotechnology*. Volume (31):1367-1372.

Borowitzka, M. A. (1999). *Pharmaceuticals and Agrochemicals from Microalgae*. In: Cohen, Z. *Chemicals from Microalgae*. 313-352. English : Taylor & Francis.

Dallaire, B., Bernet, N., and Bernard, O. (2007). Anaerobic Digestion of Microalgae as a Necessary Step to Make Microalgae Biodiesel Sustainable. *Journal of Biotechnology Advances*. Volume (27):409-416.

Hoshida, H, T. Ohira, A. Minematsu, R. Akada dan Y. Nishizawa. (2005). Accumulation of Eicosapentaenoic Acid in *Nannochloropsis* sp. in Response to Elevated CO₂ Concentrations. *Applied Phycology*. Volume (17):29-34.

Juanga, A. (2007). Biogas untuk Masa Depan Pengganti BBM. *Jurnal Ilmiah Indonesia*. Volume (4):25.

Nurhasanah, A., Widodo, W. T., Asari, A., and Rahmarestia, E. (2006). Perkembangan Digester Biogas di Indonesia. *Jurnal Pertanian*. Volume (2):57.

Olaizola, M, T. Bridges, S. Flores, L. Griswold, J. Morency and T. Nakamura. (2004). Microalga Removal of CO₂ from Flue Gases : CO₂ Capture from a Coal Combuster, *Biotech. Bioproc. Eng.* Volume (8):360-367.

Wilde, C. and Benemann, G. (1993). A Culture Method for Microalgae Forms to Studies on Growth and Carotenoid Production. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. Volume (17):325-329.