

Kemampuan Penyerapan CO₂ Menggunakan Tetraselmis Chuii Terhadap Intensitas Cahaya

CO₂ Absorption With Using Tetraselmis Chuii To Light Intensity

Dessy Agustina Sari¹, Elida Purba², Didik Supriyadi³

¹ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang

² Jurusan Teknik Kimia, Universitas Lampung

³ Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sumatera

Informasi Makalah

Dikirim 3 Pebruari , 2018
Diterima 30 April , 2018

Kata Kunci:

Bubble fotobioreaktor
Intensitas cahaya
Penyerapan CO₂
Tetraselmis chuii

Keyword:

Bubble photobioreactor
Light intensity
CO₂ absorption
Tetraselmis chuii

INTISARI

Penelitian ini membahas kemampuan Tetraselmis chuii dalam menyerap karbon dioksida di berbagai intensitas cahaya (4000, 5000, dan 6000 lux) dengan konsentrasi CO₂ tetap sebesar 3% volume. Dengan memanfaatkan jenis mikroalga tersebut, penyerapan CO₂ dapat berlangsung karena kemampuan mikroalga berfotosintesis sama besarnya dengan tumbuhan darat. Proses fotosintesis berlangsung di dalam bubble fotobioreaktor dengan kapasitas 1 liter (200 ml T. chuii, 800 ml air laut, dan pupuk Conwy 1 ml) dan laju alir gas total sebesar 1 liter/menit. Analisis penyerapan CO₂ dilakukan dengan cara menggelembungkan CO₂ ke larutan Ca(OH)₂ 1 M. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerapan CO₂ rata-rata paling tinggi adalah kondisi intensitas cahaya 6000 lux. Naik turunnya data penelitian menunjukkan adanya peristiwa photo-inhibition.

ABSTRACT

The research evaluated Tetraselmis chuii capability to absorb carbon dioxide in various light intensity (4000, 5000, and 6000 lux) with 3%v CO₂ concentration as constant variable. Microalgae could perform photosynthesis that as same as the plant. Process scheme occurred in bubble photobioreactor with capacity 1 litre (200 ml algae, salty water (ozonized), and 1 ml Conwy fertilizer) and 1 litre per minute as gas flow rate. The CO₂ absorption was analysed by CO₂ bubbling into Ca(OH)₂ 1 M solution. The result showed that higher carbon diode absorption process had been owned 6000 lux. Data fluctuation indicated existence of photo-inhibition phenomena.

Korespondensi Penulis:

Penulis Ke-1

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang

Email: dessy.agustina8@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Peningkatan suhu bumi dirasakan sejak awal abad ke-20. Perhatian masyarakat dunia mengarah pada pemanasan global (global warming) dan krisis iklim (*climate crisis*). Poin pertama tersebut berkaitan dengan gas-gas rumah kaca di mana gas tersebut dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor, pabrik - pabrik, peternakan, dan pembangkit tenaga listrik. Kontributor terbesar pemanasan global adalah gas karbon dioksida (CO₂).

Permasalahan tersebut telah mengintensifkan berbagai riset untuk menemukan sumber-sumber energi yang lebih terjamin kelangsungannya dan ramah lingkungan. Berbagai negara di dunia sedang

mengembangkan metode pengurangan karbon yang dikenal dengan nama *Carbon Capture and Storage* (CCS). Metode ini menangkap CO₂ lalu disimpan ke dalam reservoir dan membutuhkan biaya yang cukup mahal. Usaha alternatif lainnya dengan mengembangkan CCS secara biologi yaitu memanfaatkan mikroalga hijau yang dikultur di dalam fotobioreaktor. Mikroalga mampu mengikat sejumlah atom karbon yang sama banyaknya dengan tumbuhan darat untuk berfotosintesis. Selain itu, CO₂ juga mampu meningkatkan produktivitas mikroalga 2-5 kali dari kondisi normalnya di mana mikroalga dibudidayakan di dalam fotobioreaktor (Setiawan et al., 2009).

Mikroalga dapat dijadikan solusi yang tepat untuk menangani permasalahan tersebut. Karena mikroalga merupakan tanaman yang paling efisien dalam menangkap CO₂ dan memanfaatkan sinar matahari untuk berfotosintesis dibandingkan tumbuhan tingkat tinggi yang menyerap CO₂ secara lambat, serta pembudidayaannya membutuhkan luas area yang lebih kecil. (Santoso et al., 2011) mengemukakan bahwa selain mengurangi emisi karbon dioksida, *Chlorella sp* juga berpotensi untuk pengolahan limbah cair industri dengan menggunakan fotobioreaktor.

Pemberian CO₂ dan intensitas cahaya mempengaruhi laju pertumbuhan mikroalga. Peneliti (Mulyanto, 2010) mengemukakan bahwa gas tersebut dibutuhkan untuk pembentukan senyawa metabolit dan biomassa. Karbon dioksida merupakan substrat mayor dalam proses fotosintesis dan intensitas cahaya berkaitan dengan panjang gelombang yang sesuai dalam proses tersebut. (Sopiah et al., 2013) menyatakan bahwa cahaya matahari yang kurang ketika cuaca mendung atau hujan menjadi kendala paling penting pada penelitian yang berorientasi pada reduksi emisi polutan CO₂ pabrik. Ketika pagi hari, nilai CO₂ lebih besar dibandingkan sore hari dan hal ini disebabkan intensitas cahaya yang dibutuhkan kurang dari 2000 – 3000 lux di pagi hari sehingga nilai karbon dioksida yang keluar menjadi besar.

Produksi alga di kolam terbuka lebih murah dibandingkan fotobioreaktor, tetapi spesies yang dapat dikulturkan secara massal di kolam terbuka sangat terbatas kuantitasnya. Peneliti menerapkan penggelembungan di dalam reaktor (*bubble* fotobioreaktor) untuk meningkatkan intensitas dan lama kontak antara gelembung udara (yang berasal dari aerator) dan campuran air laut-mikroalga. Turbulensi terjadi melalui penyemburan gelembung udara ke arah yang berlawanan. Hal ini juga dikemukakan oleh peneliti (Mulyanto, 2010) pada pengkulturan *Chlorella sp*. Namun, penelitian pada alga filum Chlorophyta menyimpulkan bahwa proses penyerapan CO₂ tertinggi dicapai oleh reaktor tabung tanpa aerasi (Setoaji and Hermana, 2013).

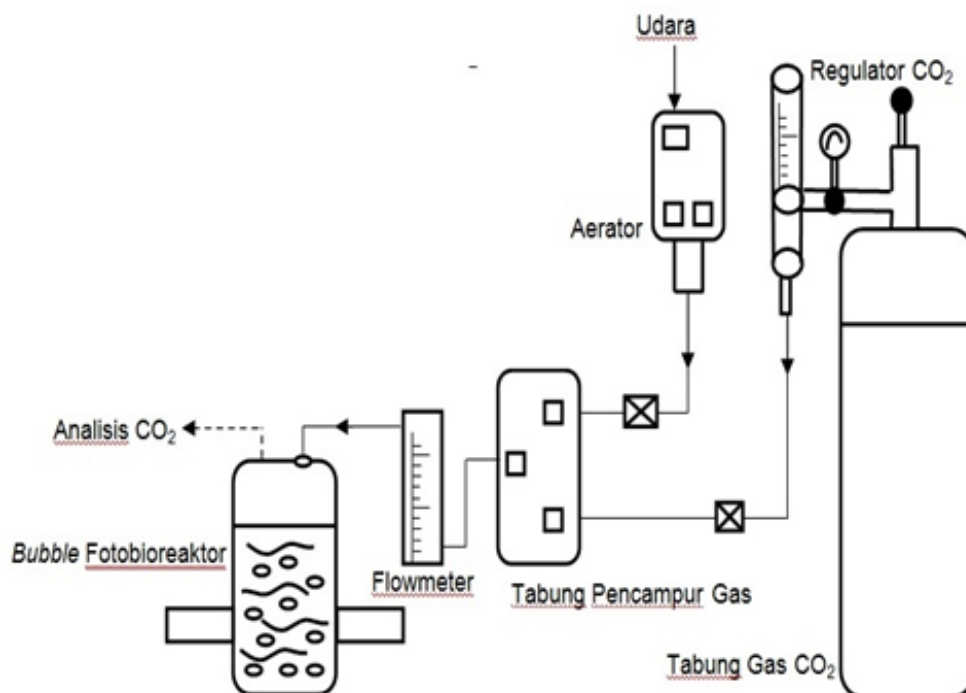
Hasil penelitian (Purba and Taharuddin, 2010) menunjukkan bahwa kondisi optimum mikrolaga *Tetraselmis chuii* dalam menyerap gas CO₂ berada di 9%v konsentrasi CO₂ dengan intensitas cahaya 1250 lumen. Proses fotosintesis ini berlangsung di dalam fotobioreaktor *batch*. Lampu *fluorescent* 1250 lumen mempunyai nilai luminasi (lux) yang berbeda yaitu jarak fotobioreaktor terhadap lampu tersebut. Penelitian ini tidak memvariasikan nilai luminasi lampu *fluorescent* tersebut. Dari uraian tersebut, peneliti akan membahas kemampuan *Tetraselmis chuii* dalam menyerap CO₂ 3%v dengan memvariasikan intensitas cahaya lampu *fluorescent* 1250 lumen (4000, 5000, dan 6000 lux) dalam *bubble* fotobioreaktor.

Tujuan penelitian adalah mengetahui kemampuan alga *Tetraselmis chuii* dalam menyerap CO₂ melalui proses fotosintesis menggunakan *bubble* fotobioreaktor dengan variabel penelitian intensitas cahaya. Kemudian, penelitian ini akan menentukan intensitas cahaya yang paling sesuai dalam menyerap CO₂.

2. METODOLOGI PENELITIAN

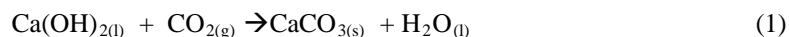
Penyerapan karbon dioksida dan pengkulturan alga dilakukan pada sistem tertutup dengan sumber cahaya lampu *fluorescent*. Bahan baku yang digunakan adalah mikroalga *Tetraselmis chuii*, air laut yang telah diozonisasi, nutrisi (pupuk Conwy) (Chalid et al., 2010), larutan Ca(OH)₂ 1 M. Skema penelitian disajikan pada Gambar 1 berikut.

Pengkulturan *T. Chuii* dilakukan dengan merangkai peralatan di atas. Perbandingan bahan baku antara mikroalga terhadap air laut adalah 4:1 dalam 1 L dan pupuk Conwy 1 ml. Konsentrasi CO₂ yang diberikan sebesar 3%v (variabel konstan) dan larutan Ca(OH)₂ 1 M sebagai larutan uji CO₂. Mikroalga tersebut dikembangkan selama 6 hari dengan intensitas cahaya 400, 5000, dan 6000 lux.



Gambar 1 Skema rangkaian peralatan penelitian (diadopsi dari (Purba et al., 2012))

Pengukuran besarnya penyerapan CO_2 dengan cara menggelembungkan gas keluaran fotobioreaktor ke dalam 20 mL larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1 M selama 5 menit. Larutan tersebut menjadi jernih dan menghasilkan endapan putih (CaCO_3). Reaksi dari analisis penyerapan CO_2 pada persamaan (1) berikut ini.



Setelah 5 menit, larutan tersebut diukur pH-nya. Persentase penyerapan CO_2 dapat dihitung dengan persamaan (2) berikut ini.

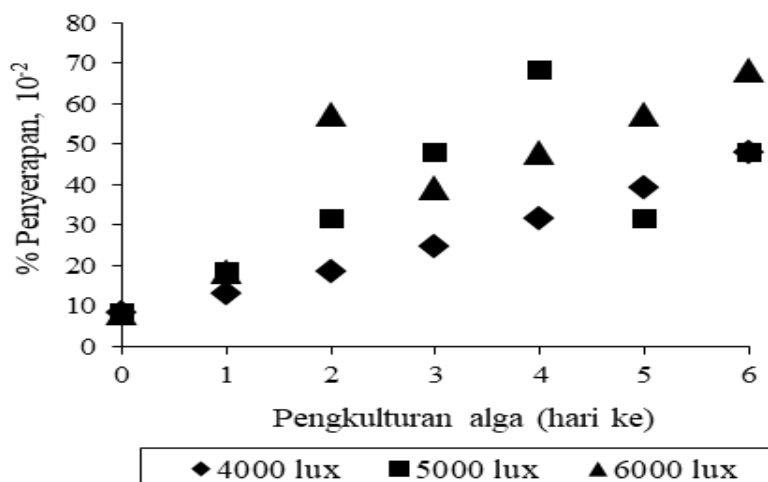
$$\% \text{CO}_2 = \frac{\text{CO}_2 \text{ awal} - \text{CO}_2 \text{ akhir}}{\text{CO}_2 \text{ awal}} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, persentase penyerapan CO_2 setiap interval waktu dapat diketahui.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyajian data penyerapan CO_2 menggunakan mikroalga *Tetraselmis chuii* dengan konsentrasi CO_2 sebesar 3%v dan variasi intensitas cahaya 4000, 5000, dan 6000 lux dalam bubble fotobioreaktor.

Gambar 2 menunjukkan bahwa intensitas cahaya 6000 lux adalah intensitas yang paling sesuai dalam menyerap CO_2 dibandingkan 4000 dan 5000 lux. *T. chuii* mempunyai persentase penyerapan CO_2 rata-rata paling tinggi selama 6 hari yaitu 0,4200% dibandingkan intensitas lainnya. Sedangkan, intensitas cahaya 4000 lux memberikan persentase penyerapan terendah yaitu 0,2571%. Untuk intensitas cahaya 4000 lux, persentase penyerapan CO_2 terus meningkat yaitu 0,0819 hingga 0,4784%. Lalu, intensitas cahaya lainnya mengalami fluktuasi dengan penyerapan akhir setelah 6 hari tercapai adalah 0,4784 dan 0,683%. Hasil penelitian ini juga didukung oleh penelitian (Handayani et al., 2014) yang menggunakan kolam kultur *raceway* pada Industri Pengolahan Susu Cair. Tim peneliti menyatakan bahwa penyerapan CO_2 oleh *Euglena sp* menunjukkan kisaran 89-100% dimana data tertinggi terjadi pada kondisi cuaca cerah dan sebaliknya.



Gambar 2 Persentase penyerapan karbon dioksida dengan $[CO_2]$ sebesar 3%v di berbagai intensitas selama 6 hari

Fluktuasi penyerapan karbon dioksida merupakan pengaruh tingginya intensitas cahaya yang diberikan kepada *T. chuii*. Hal ini menyebabkan cahaya yang diterima *T. chuii* mulai berlebih sehingga menghambat fotosintesis. Peristiwa ini disebut dengan *photo-inhibition* di mana peristiwa ini terjadi akibat reaksi *photo-oxidation* di dalam sel *T. chuii* karena terdapat sejumlah *excess* cahaya yang tidak dapat diserap oleh berbagai bagian yang terlibat dalam proses fotosintesis.

(Rusdiani et al., 2016) mengemukakan bahwa intensitas cahaya rata-rata penelitiannya sebesar 1314 – 30600 lux. Hari ke-1 hingga ke-40 menunjukkan bahwa pertumbuhan *Chlorella sp* tetap baik meskipun kondisi cahaya yang diberikan lebih rendah maupun lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa spesies alga ini mampu bertahan pada perubahan kondisi cahaya yang ekstrem. Peneliti (Daniyati et al., 2012) menyajikan hasil bahwa pada hari ke-1 hingga ke-6 *Chlorella sp* mencapai puncak penyerapan CO_2 , dan hari selanjutnya hingga hari-10 terjadi penurunan signifikan. Hal ini disebabkan mikroalga mengalami fase kematian dimana nutrisi yang diberikan telah berkurang, tetapi jumlah populasi alga terus meningkat sehingga terjadi kompetisi di dalam fotobioreaktor.

Berbeda dengan penelitian (Sappewali, 2009) yang menggunakan *Tetraselmis chuii* dengan variasi intensitas cahaya 2000, 3000, dan 4000 lux dan fotosintesis berlangsung di dalam fotobioreaktor *batch*. Peneliti menyatakan bahwa intensitas cahaya yang paling optimum adalah 4000 lux dengan kandungan biomassa 97,92.104 sel/ml dan kadar lipid 15,02% berat kering. Penelitian yang dilakukan (Ghezlbash et al., 2008) juga menggunakan *T. chuii* dengan variasi intensitas cahaya 500, 2500, 4500, dan 6500 lux dan hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang paling optimum adalah 4500 lux. Laju pertumbuhan *T. chuii* semakin meningkat dari 500 hingga 4500 lux dan menurun ketika pengkulturan diberikan intensitas cahaya sebesar 6500 lux.

Penelitian yang dilakukan (Purwanto, 2009) menggunakan *Tetraselmis chuii* dengan intensitas cahaya 360 dan 1250 lumen. Peneliti menyatakan bahwa persentase penyerapan CO_2 tertinggi pada konsentrasi CO_2 9%v dan intensitas cahaya 1250 lumen dan yaitu 54,624%. Demikian pula yang dilakukan (Hernadi, 2009) dengan jenis mikroalga yang digunakan berbeda dengan Purwanto yaitu *Nannochloropsis oculata*. Hernadi menyatakan hal yang sama dengan Purwanto, dan penyerapan CO_2 yang diperoleh sebesar 49,494%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa intensitas cahaya 6000 lux merupakan kondisi optimum dalam menyerap CO_2 yaitu 0,068431%. Fluktuasi data yang diperoleh disebabkan adanya fenomena *photo-inhibition* sebagai dampak akibat reaksi *photo-oxidation* di dalam sel *T. chuii* karena terdapat sejumlah *excess* cahaya yang tidak dapat diserap oleh berbagai bagian yang terlibat dalam proses fotosintesis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan penelitian dilakukan saat penulis menjadi mahasiswa S1 Teknik Kimia Universitas Lampung. Pelaksanaan didukung pula oleh Widya Wahyuningsih serta Subiyantoro atas dana dan kerja sama yang diberikan. Penyaluran Tetraselmis chuii dan air laut terozonisasi dibantu oleh ibu Valentino selaku pegawai di Balai Besar Pengembangan Budi Daya Laut Lampung, Desa Hanura Padangcermin, kabupaten Pesawaran – provinsi Lampung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chalid, S.Y., Amini, S., Lestari, S.D., 2010. Kultivasi *Chlorella* sp. Pada Media Tumbuh Yang Diperkaya Dengan Pupuk Anorganik Dan Soil Extract. *J. Kim. Val.* 1.
- [2] Daniyati, R., Yudoyono, G., Rubiyanto, A., 2012. Desain Closed Photobioreaktor *Chlorella Vulgaris* Sebagai Mitigasi Emisi CO₂. *J. Sains Dan Seni ITS* 1, B1–B5.
- [3] Ghezlbash, F., Farboodnia, T., Heidari, R., Agh, N., 2008. Effect Of Different Salinities And Luminance On Growth Rate Of The Green Microalgae *Tetraselmis chuii*. *Res. Journal of Biological Sci.* 3 (3), 311–314.
- [4] Handayani, T., Mulyanto, A., Sopiha, N., 2014. Penyerapan Emisi CO₂ Oleh Mikroalga *Euglena* sp Dengan Bioreaktor Dalam Kultur. *Ecolab* 8 (1), 1–10.
- [5] Mulyanto, A., 2010. Mikroalga (*Chlorella* sp) Sebagai Agensi Penambat Gas Karbon Dioksida. *J. Hidrosfir Indones.* 5 (2), 13–23.
- [6] Purba, E., Khairunisa, A.C., No, J.S.B., Lampung, B., 2012. Kajian Awal Laju Reaksi Fotosintesis untuk Penyerapan Gas CO₂ Menggunakan Mikroalga *Tetraselmis Chuii*. *J. Rekayasa Proses* 6, 7–13.
- [7] Purba, E., Taharuddin, T., 2010. CO₂ Reduction And Production Of Algal Oil Using Microalgae *Nannochloropsis oculata* And *Tetraselmis chuii*. *Chem. Eng. Trans.* 21, 397–402.
- [8] Rusdiani, R.R., Boedisantoso, R., Hanif, M., 2016. Optimalisasi Teknologi Fotobioreaktor Mikroalga Sebagai Dasar Perencanaan Strategi Mitigasi Gas CO₂. *J. Tek. ITS* 5 (2), F188–F192.
- [9] Santoso, A.D., A, R., Darmawan, D., Susanto, J.P., 2011. Mikro Alga Untuk Penyerapan Emisi CO₂ Dan Pengolahan Limbah Cair Di Lokasi Industri. *J. Ilmu Dan Teknol. Kelaut. Trop.* 3 (2), 62–70.
- [10] Setiawan, A., Darmawan, R.A., Santoso, A.D., 2009. Penerapan Teknologi Fotobioreaktor Mikroalga Jenis Air-Lift Untuk Menyerap Emisi Gas CO₂. *J. Tek. Lingkungan. Jkt. Edisi Khusus*, 49–56.
- [11] Setoaji, L., Hermana, J., 2013. Pengaruh Aerasi dan Sumber Nutrien Terhadap Kemampuan Alga Filum *Chlorophyta* Dalam Menyerap Karbon (Carbon Sink) Untuk Mengurangi Emisi CO₂ Di Kawasan Perkotaan. *J. Tek. Pomits* 2, D69–D73.
- [12] Sopiha, N., Mulyanto, A., Sehabudin, S., 2013. Pengaruh Kelimpahan Sel Mikroalga Air Tawar (*Chlorella* sp) Terhadap Penambatan Karbondioksida. *J. Tek. Lingkungan.* 14 (1), 1–6.
- [13] Hernadi, Eko. 2009. Penurunan Emisi Gas CO₂ Menggunakan Alga *Nannochloropsis oculata* dan Produksi Minyak Alga. Laporan Hasil Penelitian - Universitas Lampung : Bandar Lampung. hal : 26-30.
- [14] Purwanto, Pirdaus. 2009. Penurunan Emisi CO₂ Menggunakan Alga *Tetraselmis chuii* dan Produksi Minyak. Laporan Hasil Penelitian - Universitas Lampung : Bandar Lampung. hal : 40-41.
- [15] Sappewali. 2009. Penentuan Intensitas Cahaya Optimum Pada Pertumbuhan dan Kadar Lipid Mikroalga *Tetraselmis chuii*. Surabaya : Tesis - Magister Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.