

BIOFIKSASI CO₂ OLEH MIKROALGA *Spirulina sp* DALAM UPAYA PEMURNIAN BIOGAS

Fegi Yuliandri, Yudha Duta Utama, dan Luqman Buchori *)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50239, Telp/Fax: (024)7460058
E-mail : luqmanbuchori@undip.ac.id

Abstrak

Biogas yg mempunyai komponen utama CH₄ merupakan produk energi terbarukan yang nantinya diharapkan bisa jadi fuel gas. Namun keberadaan CO₂ dalam biogas dapat menurunkan nilai kalornya. Pemurnian biogas merupakan solusi untuk meningkatkan nilai kalornya. Salah satu cara ramah lingkungan untuk memurnikan biogas adalah dengan menggunakan mikroalga *Spirulina sp* yang mempunyai kemampuan biofiksasi CO₂. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan laju alir efektif fotobioreaktor bentuk tubular dengan mikroalga *Spirulina sp* untuk menyerap CO₂ serta menentukan konsentrasi CO₂ optimum yang mampu terserap oleh *Spirulina sp*. Pada penelitian ini digunakan laju alir gas campuran (komposisi gas CO₂ 30%V:udara 70%V) 0,2 L/menit, 0,5 L/menit, 1 L/menit, dan 1,5 L/menit. Dan untuk variabel berubah komposisi gas umpan (laju alir 0,5 L/menit) adalah CO₂ 25%V, udara 75%V; CO₂ 30%V; udara 70%V; CO₂ 35%V, udara 65%V; CO₂ 40%V, udara 60%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju alir optimum untuk penyerapan CO₂ adalah pada laju 0,5 L/menit dengan komposisi gas umpan CO₂:udara (30:70). Penyerapan CO₂ tertinggi adalah sebesar 0,47%, dan ini belum mencapai target pemurnian yang diinginkan. Maka dari itu perlu desain ulang dari alat penelitian untuk meningkatkan jumlah CO₂ yang terserap.

Kata kunci : biogas; *spirulina sp*; potobioreaktor tubular; biofiksai CO₂

Abstract

The main component of biogas CH₄, it is a renewable energy product that is expected to be the fuel gas. However, the presence of CO₂ in the biogas decrease it's heating value. The Purification of biogas is a solution to increase the heating value. One of eco-friendly way to purify biogas eco-friendly is by using microalgae *Spirulina sp* which has the CO₂ Biofixation ability. This research intends to Determine the most effective flow rate of tubular type photobioreactor by using microalgae *spirulina* in absorbing CO₂ and determine the optimum concentration of CO₂ that can be absorbed by the microalgae *Spirulina sp*. This research is using flow rate of gas mixture (30% CO₂ gas composition V: air 70% V) 0.2 L / sec, 0.5 L / sec, 1 L / sec, and 1.5 L / sec. And using composition of the feed gas (flow rate of 0.5 L / min) was 25% V CO₂, 75% air V; CO₂ 30% V; air 70% V; V 35% CO₂, 65% air V; CO₂ 40 % V, 60% air. The results obtained that the optimum flow rate for CO₂ absorbtion is the flowrate 0.5 L / min with a feed gas composition CO₂: air (30:70). Highest CO₂ absorption amounted to 0.47%, and it doesnt reach the desired target of purification. So it needs to re-design the research's tools to increase the amount of CO₂ absorbed.

Keywords: biogas; *spirulina sp*; tubular potobioreaktor; CO₂ biofixation

1. PENDAHULUAN

Biogas merupakan salah satu produk dari teknologi hijau yang sekarang sedang dikembangkan. Hal ini dikarenakan gas yang dihasilkan dari proses biologis (*anaerobic digester*) mampu menghasilkan gas-gas seperti CH₄, CO₂, H₂S, H₂O dan gas-gas lain. Dalam hal ini tentu saja yang dimanfaatkan adalah gas metana (CH₄), karena CH₄ memiliki nilai kalor/panas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Dekomposisi anaerob menghasilkan biogas yang terdiri dari metana (50 – 70 %), karbondioksida (25 – 45 %) dan sejumlah kecil hidrogen, nitrogen, hydrogen sulfide (Maynell, 1981).

Kemurnian dari biogas tersebut menjadi pertimbangan yang sangat penting, hal ini dikarenakan berpengaruh terhadap nilai kalor/panas yang dihasilkan. Sehingga biogas yang dihasilkan perlu dilakukan pemurnian terhadap impuritas-impuritas yang lain. Dalam hal ini impuritas yang berpengaruh terhadap nilai kalor/panas adalah CO₂, keberadaan CO₂ dalam biogas sangat tidak diinginkan, hal ini dikarenakan semakin tinggi kadar CO₂ dalam biogas maka akan semakin menurunkan nilai kalor biogas dan sangat mengganggu dalam proses pembakaran.

Jika dibandingkan dengan teknologi pemurnian biogas yang sudah dilakukan maka teknologi pemurnian biogas dengan pemanfaatan mikroalga memberikan biaya yang paling murah. Berdasarkan penelitian terdahulu, aplikasi pemurnian biogas dengan mikroalga mampu mengurangi kadar CO₂ secara efektif. Spirulina sp. adalah salah satu jenis mikroalga yang cocok dikembangkan sebagai agen absorber CO₂. Alga jenis spirulina memiliki pigmen hijau (klorofil) sehingga dapat melakukan proses fotosintesis. Dalam proses fotosintesis tersebut gas CO₂ diperlukan sebagai bahan baku untuk pembentukan senyawa metabolit dan biomassa. Alga spirulina memiliki tingkat pertumbuhan yang relative singkat sehingga kebutuhan gas CO₂ cukup tinggi. Dengan demikian alga spirulina cocok sebagai media untuk membantu penurunan kadar CO₂ dalam biogas. Karena bersifat heterotroph sebagian besar alga membutuhkan cahaya dan CO₂. Strain yang digunakan untuk produksi alga di kolam hendaknya dapat beradaptasi dengan baik pada kondisi tertentu., (Kurniawan dan Gunarto, 1999).

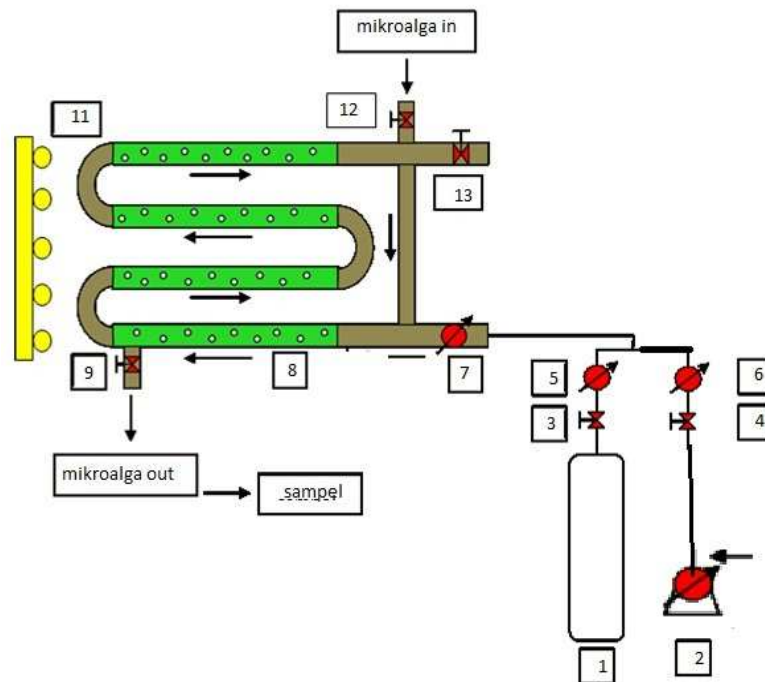
Fotobioreaktor yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah model tubular, karena akan memberikan distribusi gas yang lebih merata, hasil pengembangan spirulina yang lebih banyak, dan juga waktu kontak antara mikroalga dengan gas lebih lama. Sehingga dalam penelitian ini diharapkan penggunaan fotobioreaktor model tubular dan mikroalga spirulina sebagai absorbernya akan memberikan efek pemurnian gas yang lebih efektif.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Mikroalga yang digunakan adalah *Spirulina sp.* yang didapatkan dari Laboratorium *C-Biore* Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Penelitian dilakukan menerapkan dua variable. Variable yang digunakan antara lain variable laju alir dan variable konsentrasi CO₂.

Variable laju alir *feed gas* yang digunakan adalah pada laju alir sbb: 0,2 L/menit; 0,5 L/menit ; 1L/menit; 1,5L/menit dengan varibel tetap konsentrasi CO₂ 30%, variable berubah konsentrasi yang digunakan adalah sbb: CO₂ 25%V, udara 75%V; CO₂ 30%V, udara 70%V; CO₂ 35%V, udara 65%V; CO₂ 40%V, udara 60%V dengan variable tetap pada laju alir 0.5 L/menit.

Penelitian dilakukan dengan alat fotobioreaktor jenis tubular, dengan desain dan rangkaian alat sebagai berikut



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

Keterangan :

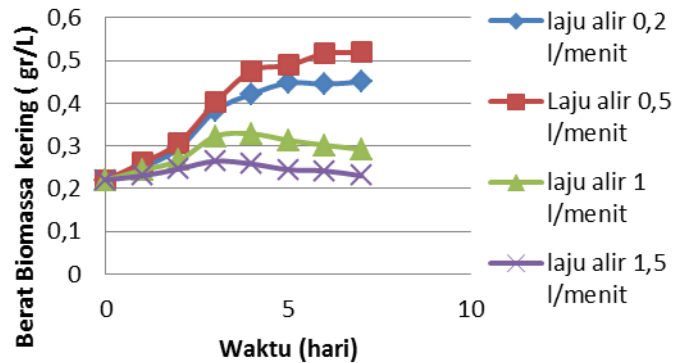
- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Tabung gas CO ₂ column | 8. Photobioreactor jenis tubular |
| 2. kompresor | 9. Valve keluaran mikroalga |
| 3. Valve tabung gas N ₂ buah) | 10. Lampu TL dengan daya 20 W (4 |
| 4. Valve tabung gas CO ₂ | 11. Elbow |
| 5. Flow meter tabung gas N ₂ | 12. Valve masukan mikroalga |
| 6. Flow meter tabung gas CO ₂ | 13. valve |
| 7. Flow meter photobioreactor 3 l/jam | 14. Pompa sirkulasi dengan kapasitas |

Penelitian diawali dengan proses kultivasi mikroalga. Sampel *Spirulina sp.* dikultur dalam sebuah bak penampung plastik yang dilengkapi aerator dan sistem pencahayaan lampu pijar. Mikroalga sebanyak 2 L diencerkan menjadi 10 L. Kondisi pengkulturan dalam suhu dan tekanan ruangan. Nutrisi mikroalga yang digunakan antara lain NaHCO₃, urea, TSP, ZA, FeCl₃, vitamin B12, dan garam. Mikroalga dinyatakan siap panen jika telah mencapai OD lebih besar atau sama dengan 0,2 sehingga siap dipakai dalam percobaan.

Selanjutnya tahap preparasi yakni mengatur pH optimum mikroalga dan OD (= 0,2), kemudian memasukkan mikroalga tersebut ke dalam reaktor sampai penuh. Operasi Produksi Biomassa dalam *Tubular photobioreactor* diawali dengan mengatur konsentrasi gas umpan dan laju alirnya sesuai variabel, selanjutnya mengalirkan gas umpan ke dalam reaktor yang berisi *spirulina sp.* pada penelitian berjalan diambil data pH dan OD masing-masing variabel setiap hari selama 7 hari dan Memberikan nutrient dilakukan setiap 3 hari, selanjutnya menganalisa CO₂ terserap oleh mikroalga dengan metode titrasi acidi-alkalimetri pada hari ke tujuh penelitian.

3. PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Laju Alir Terhadap Banyaknya Biomassa Spirulina

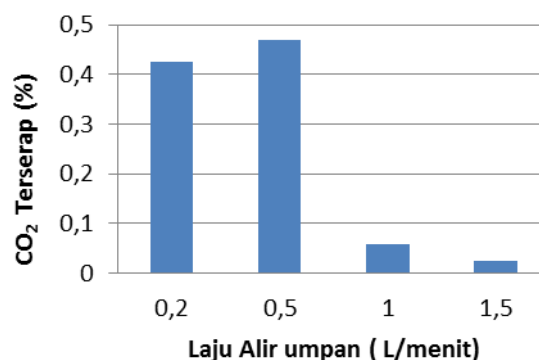


Gambar 2. hubungan waktu kultivasi vs berat biomassa

Pada grafik terlihat bahwa secara umum terjadi kenaikan jumlah biomassa dari hari ke hari kultivasi, kenaikan ini terjadi karena CO_2 yang ditambahkan digunakan oleh mikroalga untuk fotosintesa sehingga spirulina mengalami pertumbuhan yang menyebabkan biomassa yang dihasilkan semakin banyak. Kativu, 2011). Kultivasi dengan pembebanan CO_2 dilaksanakan selama tujuh hari, laju alir 0.5 L/menit terlihat pada grafik menghasilkan jumlah biomassa yang lebih besar dari laju alir 0.2 l/menit, sedangkan ketika laju alir dinaikkan hingga 1 L/ menit sampai 1,5 L/menit maka jumlah biomassa yang dihasilkan jauh lebih sedikit. Fenomena kenaikan jumlah biomassa pada laju alir 0.2 L/ menit dibandingkan 0.5 L menit, hal ini karena semakin besar CO_2 yang diumpungkan maka semakin besar CO_2 yang terbiofiksasi dan proses fotosintesa spirulina semakin bagus, menurut Wilde dan Beneman (1993) semakin tinggi laju alir CO_2 maka semakin tinggi laju pertumbuhan mikrolaga dan produktivitas mikrolaganya. Namun, pada laju alir 1 L/ menit hingga 1,5 L/menit mengalami penurunan produktivitas mikrolaga. Hal ini dikarenakan pada laju alir ekstrim yaitu 1 L/menit- 1,5 L/ menit akan menurunkan kemampuan pertumbuhan spirulina, hal ini dikarenakan terjadinya CO_2 dengan jumlah yang terlalu besar justru meracuni spirulina (Kativu, 2011)

Selain itu CO_2 yang berlebih yang terdifusi menjadi HCO_3^- tidak bisa terserap seluruhnya oleh spirulina menyebabkan pH system menjadi asam, pH asam ini akan menurunkan kemampuan pertumbuhan spirulina, pH efektif untuk pertumbuhan spirulina adalah 8-9. Dari percobaan ini Laju alir yang memberikan hasil pertumbuhan biomassa paling efektif adalah pada laju alir 1 L/ menit

3.2. Pengaruh laju alir terhadap penyerapan CO_2

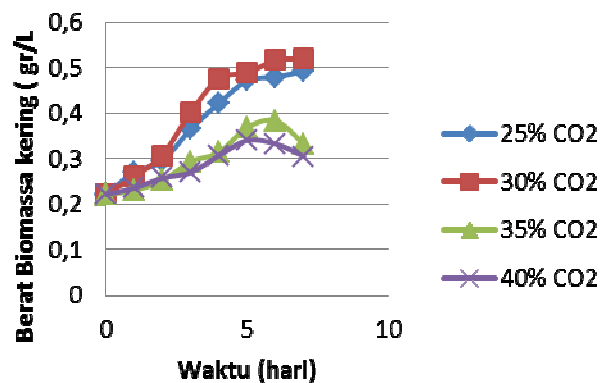


Gambar 3 Hubungan Lajur Alir umpan vs % CO_2 terserap

Pada grafik terlihat bahwa secara umum terjadi kenaikan jumlah biomassa dari hari ke hari kultivasi, kenaikan ini terjadi karena CO₂ yang ditambahkan digunakan oleh mikroalga untuk fotosintesa sehingga spirulina mengalami pertumbuhan yang menyebabkan biomassa yang dihasilkan semakin banyak (Kativu, 2011). Pada laju alir 0.2 L/menit - 0.5 L/menit terjadi kenaikan kemampuan penyerapan CO₂ terserap, hal ini dikarenakan jumlah biomassa spirulina bertindak sebagai agen penyerap CO₂ pada laju alir tersebut tumbuh dengan optimal, jumlah mikroalga dalam system menentukan kemampuan penyerapan CO₂.

Pada laju alir 1L/ menit hingga 1.5 L/ menit memiliki kemampuan penyerapan CO₂ yang tidak bagus dikarenakan Pada saat peningkatan CO₂, maka CO₂ masuk yang lolos dalam fotobioreactor juga mengalami peningkatan, namun kemampuan penyerapan mempunyai kecenderunga yang kosntan walaupun umpan Co₂ dinaikkan menyebabkan efiseiensi penyerapan dari system ini mempunyai kecenderungan menurun seiring dengan naiknya CO₂ yang dimasukkan. Pada laju alir 1L/menit hingga 1.5 L/ menit dihasilkan trend pertumbuhan mikroalga yang tidak bagus, sehingga jumlah mikrolaga yang berlaku sebagai agen penyerap CO₂ tidaklah besar, sehingga penyerapan CO₂ pun akan tidak optimum.

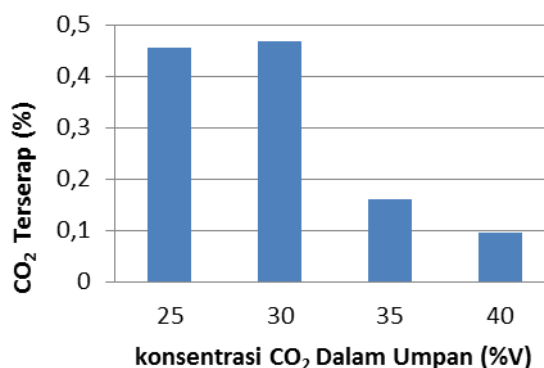
3.3. Pengaruh Konsentrasi CO₂ terhadap Banyaknya Biomassa Spirulina



Gambar 4 hubungan waktu kultivasi vs berat biomassa

Pada grafik terlihat bahwa meningkatnya konsentrasi CO₂ umpan dari 25% menjadi 30% menyebabkan terjadi kenaikan jumlah biomassa yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena dengan semakin banyaknya CO₂ yang diumpankan ke dalam kultur maka akan semakin banyak CO₂ yang diserap oleh *Spirulina* berfotosintesis. Hasil dari fotosintesis tersebut adalah karbohidrat yang merupakan sumber utama dari mikroalga (Rostika, 2011). Namun apabila konsentrasi CO₂ terus ditambahkan menjadi 35% dan 40%, hal yang terjadi adalah penurunan jumlah biomassa yang dihasilkan. Penurunan ini terjadi karena beban CO₂ yang diberikan terlalu besar sehingga meracuni kultur dan menyebabkan turunnya pH. Hal ini mengakibatkan pertumbuhan *Spirulina* menjadi terhambat sehingga biomassa akhir yang dihasilkan sedikit dan mengalami penurunan. Pada percobaan ini menggunakan OD awal untuk kultur *spirulina* yaitu sebesar 0,2 (n=680), dengan jumlah biomassa awal yang relatif sedikit. Karena sedikitnya jumlah biomassa *Spirulina* maka kemampuan dalam menyerap CO₂ juga kecil sehingga apabila diberikan beban konsentrasi CO₂ yang terlalu besar akan menyebabkan terganggunya pertumbuhan *Spirulina*.

3.4. Pengaruh Konsentrasi CO₂ terhadap penyerapan CO₂



Gambar 5 Hubungan Konsentrasi CO₂ dalam umpam vs %CO₂ Terserap

Pada grafik didapatkan data, konsentrasi CO₂ umpam 25 % terjadi penyerapan CO₂ sebesar 0,455 %, pada konsentrasi CO₂ umpam 30 % terjadi penyerapan CO₂ sebesar 0,47%, penyerapan yang terjadi lebih besar dibanding konsentrasi 25%. Untuk konsentrasi umpam 35% dan 40 % terjadi penurunan trend penyerapan CO₂. Kemampuan penyerapan paling baik terjadi pada pemberian beban umpam sebesar 30% dan paling buruk pada pemberian konsentrasi CO₂ 40%.

Tren menurunnya penyerapan CO₂ pada pemberian konsentrasi umpam 35%-40% disebabkan karena CO₂ dalam sistem yang terkonversi di kultur menjadi ion karbonat tidak bisa diserap sepenuhnya oleh spirulina untuk proses fotosintesa (mencapai ambang batas), sehingga larutan karbonat yang tidak terserap ini akan menurunkan pH sistem menjadi asam dan mempengaruhi pertumbuhan spirulina yang berdampak langsung terhadap jumlah terserapnya CO₂ dalam sistem. (Kativu, 2011)

3.5. Aplikasi Spirulina Sebagai Agen Pemurni Biogas

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kandungan CO₂ dalam biogas adalah sekitar 27%-44% (Naskeo Environnement,2009). Dalam penelitian diharapkan spirulina mampu menyerap CO₂ dalam semua *range* konsentrasi CO₂ tersebut. Penelitian dilakukan menggunakan variabel berubah konsentrasi CO₂ dan laju alir, pada penelitian didapatkan bahwa variabel paling optimum adalah pada konsentrasi 30% CO₂, dan pada laju alir 0.5 L/menit. Pada variabel optimum, CO₂ yang dapat diserap oleh spirulina adalah 0.47%.

Pada penelitian yang telah dilakukan belum bias mencapai target pemurnian biogas. Sehingga hasil penelitian ini belum bias diaplikasikan untuk pemurnian biogas yang sebenarnya. Namun penelitian ini sudah membuktikan bahwa spirulina mampu menyerap CO₂ dalam upaya pemurnian biogas dan penelitian ini perlu dilakukan modifikasi lebih lanjut. Untuk dapat menyerap CO₂ dalam konsentrasi yang tinggi diperlukan modifikasi ireaktor meliputi memperpanjang *tube* pada *photobioreactor* jenis tubular, sehingga waktu tinggal gas lebih lama. OD awal spirulina harus diperbesar, pada penelitian ini menggunakan OD awal hanya 0.2 yang relatif sedikit jumlah biomasnya. Sehingga paparan CO₂ yang terlalu besar justru membuat pertumbuhan menjadi lambat. Dengan memperbesar OD awal spirulina maka akan semakin banyak biomas yang terdapat sehingga kapasitas penyerapan awal CO₂ untuk berfotosintesis juga akan semakin besar (Fadhil M. salih, 2011). Dan juga Waktu paparan CO₂ yang dibuat berkala, pada penelitian ini digunakan system paparan kontinu 24 jam/hari, jadi perlu modifikasi waktupaparan menjadi 9 jam/hari karena waktu paparan efektif untuk spirulina menyerap CO₂ adalah 9 jam/hari.



4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Laju alir efektif fotobioreaktor bentuk tubular dengan mikroalga spirulina dalam menyerap CO₂ adalah 0.5 L/menit
2. konsentrasi CO₂ umpan efektif fotobioreaktor bentuk tubular dengan mikroalga spirulina dalam menyerap CO₂ adalah 30%
3. konsentrasi CO₂ optimum yang bias terserap oleh mikroalga *Spirulina platensis* sebesar 0.47 %

DAFTAR PUSTAKA

- Kativu, E., 2011. Carbon Dioxide Absorption Using Fresh Water Algae And Identifying Potential Uses of Alga Biomass. Faculty of Engineering and the Built Environment, University of the Witwatersrand, Johannesburg.
- Kurniawan ,H. Gunarto,L. 1999. *Aspek Industri Sistem Kultivasi sel mikroalga Imobil*. Jurnal Tinjauan Ilmiah Riset Biologi dan Bioteknologi Pertanian 2 (2)
- Maynell, B. 1981. Research of Methane in Biogas Production. Journal of Science and Technology. Volume (19):388.
- Mulyanto, Adi. 2010. Mikroalga (Chlorella,sp) Sebagai Agenia Penambat CO₂.Jurnal Penelitian.Jakarta: BPPT
- Rostika,R.2011. Biofiksasi CO₂ Oleh Mikroalga Chlamydomonas Sp Untuk Pemurnian Biogas. Tesis tidak diterbitkan. Semarang: Universitas Diponegoro
- Salih, M. F. 2011. Microalgae Tolerance to High Concentrations of Carbon Dioxide. Journal of Enviromental Pretection. Volume:2,648-654
- Setiawan, S., Sari, M., and Yuliusman. 2008. Mekanisme Absorpsi CO₂ dengan Menggunakan Fitoplankton. Jurnal Ilmiah Bioteknologi. Volume (19):115-119.
- 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.