



## **PENGIKATAN KARBON DIOKSIDA DENGAN MIKROALGA ( *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas sp.*, *Spirullina sp.* ) DALAM UPAYA UNTUK MENINGKATKAN KEMURNIAN BIOGAS**

**Okryreza Abdurrachman, Meitiandari Mutiara, Luqman Buchori \*)**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50239, Telp/Fax: (024)7460058

### **Abstrak**

*Biogas merupakan gas dengan komponen utamanya CH<sub>4</sub> sebesar 55-75% dan CO<sub>2</sub> sebesar 25-45%. Menghilangkan kandungan CO<sub>2</sub> pada biogas dapat meningkatkan kemurnian CH<sub>4</sub>, sehingga nilai kalor yang dimiliki semakin besar. Salah satu metode pengurangan kandungan CO<sub>2</sub> yaitu dengan memanfaatkan kemampuan mikroalga dalam menyerap CO<sub>2</sub> melalui proses fotosintesis. Tujuan penelitian ini adalah mengukur jumlah CO<sub>2</sub> optimal yang terserap dan mengetahui jenis mikroalga yang paling baik dalam penyerapan CO<sub>2</sub>. Mikroalga yang digunakan adalah *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas sp.*, dan *Spirullina sp.*, serta laju alir yang digunakan adalah 20, 60, 100, 150, 200, 300 mL/menit. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa pada laju alir gas CO<sub>2</sub> sebesar 20 mL/menit diperoleh %CO<sub>2</sub> terserap optimal untuk ketiga jenis mikroalga yang digunakan. *Spirullina sp.* memiliki jumlah persentase penyerapan CO<sub>2</sub> yang paling tinggi di antara *Chlorella vulgaris* dan *Chlamydomonas sp.*, yaitu sebesar 8,91%. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa *Spirullina sp.* mengalami peningkatan biomassa paling tinggi, yakni sebesar 0,136 g/L, dibandingkan dengan *Chlorella vulgaris*. dan *Chlamydomonas sp.* yang hanya sebesar 0,136 g/L dan 0,130 g/L.*

**Kata kunci :** *biogas, mikroalga, karbon dioksida, fotosintesis, biomassa.*

### **Abstract**

*Biogas is gas which the main contents are 55-75% methane and 25-45% carbon dioxide. Removing CO<sub>2</sub> content in biogas will improving biogas's quality itself, so that the calorific value on biogas will be higher. One way to removing CO<sub>2</sub> is with utilize microalgae's ability to absorb CO<sub>2</sub> in photosynthesis phenomena. Purposes of this research are to measure the optimal amount of CO<sub>2</sub> absorbed by microalgae and determine the type of microalgae is the best at absorbing CO<sub>2</sub>. This research designed with variety types of microalgae such as *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas sp.*, and *Spirulina sp.* and variety gas flow rate variabls are 20, 60, 100, 150, 200, 300 mL / min. From analysis results, at gas flow rate 20 mL / min each microalgae can absorb CO<sub>2</sub> optimally. *Spirullina sp.* has the highest percentage of absorbed CO<sub>2</sub> among *Chlorella vulgaris* and *Chlamydomonas sp.*, which is by 8,91%. This study also showed that *Spirullina sp.* has 0,136 g/L biomass enhancement, and that is the highest biomass enhancement among *Chlorella sp.* and *Chlamydomonas sp.*, which only has 0,136 g/L and 0,130 g/L biomass enhancement.*

**Key words :** *biogas, microalgae, carbon dioxide, photosynthesis, biomassa.*

## **1. PENDAHULUAN**

Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya: kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah biodegradable atau setiap limbah organik yang biodegradable dalam kondisi anaerobik. Kandungan utama dalam biogas adalah metana sebesar 55-75% dan karbon dioksida sebesar 25-45%.

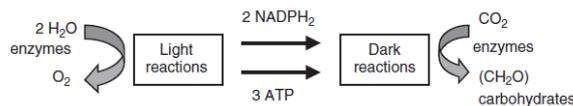
Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana (CH<sub>4</sub>). Semakin tinggi kandungan metana, maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana semakin kecil nilai kalornya. Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter, salah satunya dengan menghilangkan kandungan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

\*) *Penulis Penanggung Jawab (Email: email\_dosen@undip.ac.id)*

Menghilangkan kandungan karbon dioksida memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas biogas, sehingga biogas dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar alternatif (Pambudi, 2009).

Berbagai metode pengurangan kadar karbon dioksida telah diteliti, salah satunya melalui proses biologis dengan memanfaatkan mikroalga. Mikroalga merupakan kelompok tumbuhan berukuran renik yang termasuk dalam kelas alga, diameternya antara 3-30  $\mu\text{m}$ , baik sel tunggal maupun koloni yang hidup di seluruh wilayah perairan tawar maupun laut. Mikroalga termasuk mikroorganisme fotosintetik yang memiliki kemampuan menggunakan sinar matahari dan karbon dioksida untuk reproduksi sel-sel tubuhnya dan menghasilkan biomassa serta menghasilkan sekitar 50% oksigen yang ada di atmosfer. Kemampuan inilah yang digunakan untuk menyerap karbon dioksida di dalam biogas.

Fotosintesis menggambarkan sebuah proses yang unik dari konversi energi sinar matahari. Dalam prosesnya, senyawa anorganik dan energi cahaya dikonversi menjadi senyawa organik oleh organisme fotoautotrof. Fotosintesis dapat digambarkan sebagai reaksi reduksi-oksidasi yang dikendalikan oleh energi cahaya yang diserap oleh klorofil, dimana karbon dioksida dan air dikonversi menjadi karbohidrat dan oksigen. Konversi tersebut dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu reaksi terang (light reaction) dan reaksi gelap (dark reaction).



Gambar 1. Skema Mekanisme Fotosintesis

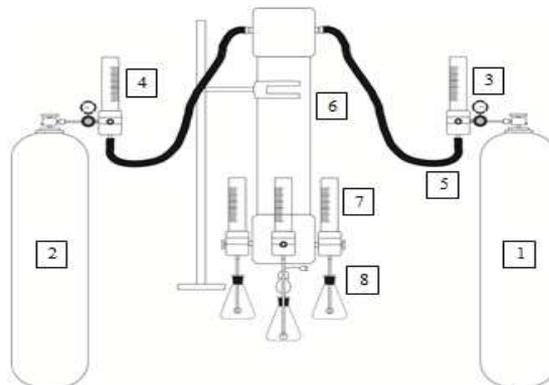
Pada tahap reaksi terang, yang berlangsung dalam membran fotosintetis, energi cahaya dikonversi menjadi energi kimia yang terdiri dari  $\text{NADPH}_2$  dan ATP. Kemudian pada tahap reaksi gelap, yang berlangsung dalam stroma,  $\text{NADPH}_2$  dan ATP dimanfaatkan sebagai reduktor biokimia untuk mengubah karbon dioksida menjadi karbohidrat.

## 2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Mikroalga yang digunakan adalah *Chlorella vulgaris* yang didapatkan dari Badan Pembudidayaan Air Payau (BPAP), Jepara, Jawa Tengah; *Chlamydomonas sp.* yang didapatkan dari Laboratorium Pengolahan Limbah Teknik Kimia Universitas Diponegoro; dan *Spirulina sp.* yang didapatkan dari Laboratorium C-Biore Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Penelitian dilakukan menggunakan tiga jenis mikroalga yang berbeda, yaitu *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas sp.*, dan *Spirulina sp.*, serta laju alir gas  $\text{CO}_2$  sebesar 20, 60, 100, 150, 200 dan 300 mL/menit.

Penelitian diawali dengan proses kultivasi mikroalga. Sampel *Chlamydomonas sp.*, *Chlorella vulgaris*, dan *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  $\text{NaHCO}_3$ , urea, TSP, ZA,  $\text{FeCl}_3$ , 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, penyediaan mikroalga 2 L ke dalam erlenmeyer dengan *optical density* (OD) sebesar 0.2 dan pH optimum, lalu tahap produksi biomassa selama 7 hari dengan pengaturan pH dan pengukuran OD setiap harinya, kemudian di hari ke 7 dilakukan analisa  $\text{CO}_2$  dengan titrasi *acidi-alkalimetric*.



Gambar 2. Rangkaian Alat Penelitian

Keterangan gambar:

1. Tabung gas CO<sub>2</sub>
2. Tabung gas N<sub>2</sub>
3. Regulator dan flowmeter CO<sub>2</sub>
4. Regulator dan flowmeter N<sub>2</sub>
5. Selang
6. Chamber mixing
7. Flowmeter

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

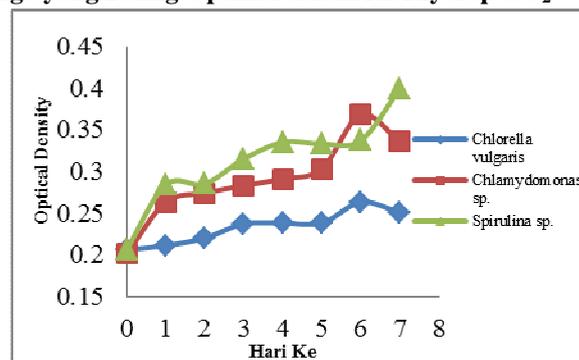
#### 1. Pengaruh Laju Alir gas CO<sub>2</sub> terhadap %CO<sub>2</sub> Terserap

Tabel 1. Persentase CO<sub>2</sub> terserap untuk Masing-masing Mikroalga

V (mL/menit)	% CO <sub>2</sub> terserap		
	<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Chlamydomonas sp.</i>	<i>Spirulina sp.</i>
20	5.512701	0.520644	8.9122
60	1.745689	0.102087	1.643602
100	0.300136	0.049002	0.385889
150	0.089837	0.016334	0.167423
200	0.061252	0.009188	0.122504
300	0.01225	0.006125	0.067377

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin besar laju alir gas CO<sub>2</sub>, diperoleh %CO<sub>2</sub> terserap untuk setiap jenis mikroalga semakin menurun. Dalam penelitian ini digunakan fotobioreaktor desain terbuka, seiring meningkatnya laju alir gas CO<sub>2</sub> maka waktu tinggal gas di dalam reaktor menjadi semakin singkat. Waktu kontak yang singkat ini menyebabkan transfer massa yang terjadi menjadi lebih sedikit (Maarif, 2008), sehingga gas CO<sub>2</sub> yang dapat terserap juga menjadi lebih sedikit. Pada penelitian ini didapatkan %CO<sub>2</sub> terserap optimal pada laju alir gas CO<sub>2</sub> sebesar 20 mL/menit.

#### 2. Penentuan Jenis Mikroalga yang Paling Optimal dalam Menerima CO<sub>2</sub>



Gambar 2. Optical Density Masing-masing Mikroalga pada Laju Alir Gas CO<sub>2</sub> Sebesar 20 mL/menit

Menurut Dhinesh Kumar, dkk (2009), mikroalga pigmen hijau memiliki kemampuan untuk menyerap CO<sub>2</sub> yang lebih baik daripada mikroalga pigmen biru-hijau. Setiap jenis mikroalga memiliki kemampuan fotosintesis yang berbeda-beda, terutama kemampuannya dan toleransinya dalam menyerap CO<sub>2</sub>. *Chlorella vulgaris* dan *Chlamydomonas sp.* memiliki toleransi masing-masing sebesar 15% (%v/v), lebih tinggi dibandingkan *Spirulina sp.* yaitu sebesar 12% (%v/v) (Ono dan Cuello, 2004). Dalam penelitian ini, konsentrasi CO<sub>2</sub> merupakan salah satu variabel tetap, yaitu sebesar 40%, dimana konsentrasi tersebut melebihi toleransi CO<sub>2</sub> maksimal untuk ketiga jenis mikroalga yang digunakan. Salah satu kriteria dalam pemilihan jenis mikroalga adalah ketahanannya dalam menghadapi *stress*, dimana ketahanan tersebut paling rendah dimiliki oleh mikroalga pigmen hijau, dan paling tinggi dimiliki oleh mikroalga pigmen merah (Kanhaiya Kumar, dkk, 2011). Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian, bahwa mikroalga yang optimal dalam menyerap CO<sub>2</sub> adalah *Spirulina sp.* yang termasuk mikroalga pigmen biru-hijau yang

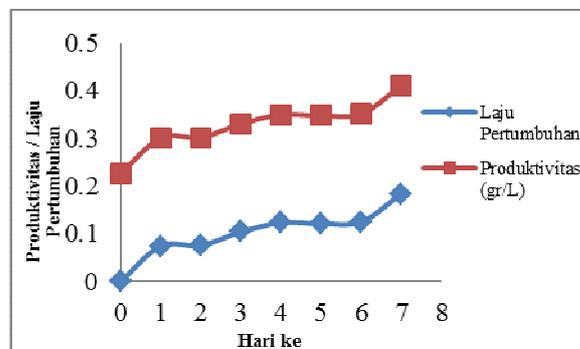
memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik dibandingkan *Chlorella vulgaris* dan *Chlamydomonas sp.* yang termasuk mikroalga pigmen hijau.

### 3. Pengaruh Laju Pertumbuhan Mikroalga terhadap Produktivitas

Tabel 2. Berat Biomassa Kering (g/L) Mikroalga

Hari ke	<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Chlamydomonas sp.</i>	<i>Spirulina sp.</i>
0	0.601874	0.191727	0.226485
1	0.617036	0.2517	0.300825
2	0.644328	0.26234	0.301778
3	0.695879	0.271046	0.330371
4	0.698911	0.278784	0.349432
5	0.698911	0.290392	0.347526
6	0.774721	0.353266	0.351338
7	0.738332	0.322313	0.410429
Peningkatan Biomassa	0.136458	0.130586	0.183945

Dari Tabel 2. dapat dilihat bahwa berat biomassa kering untuk masing-masing mikroalga semakin meningkat setiap harinya. Hal tersebut disebabkan karena hadirnya gas CO<sub>2</sub> yang kemudian diserap oleh mikroalga dan digunakan untuk melakukan proses fotosintesis, dimana hasil fotosintesis tersebut adalah karbohidrat yang merupakan sumber utama dari biomassa (Rufaida, 2012). Dari Tabel 2. juga dapat dilihat bahwa untuk *Chlorella vulgaris* memiliki peningkatan biomassa sebesar 0.136458; *Chlamydomonas sp.* memiliki peningkatan biomassa sebesar 0.130586; dan *Spirulina sp.* memiliki peningkatan biomassa sebesar 0.183945. Dari hasil tersebut diketahui bahwa *Spirulina sp.* memiliki peningkatan biomassa yang paling tinggi, dimana peningkatan biomassa merepresentasikan adanya peningkatan laju pertumbuhan.



Gambar 3. Hubungan Produktivitas dan Laju Pertumbuhan *Spirulina sp.*

Laju pertumbuhan mikroalga berbanding lurus dengan produktivitas mikroalga tersebut, karena dengan laju pertumbuhan yang optimal akan menghasilkan produktivitas yang optimal pula. Mikroalga yang mempunyai laju pertumbuhan baik akan lebih aktif dalam melakukan fotosintesis dan mengkonversi CO<sub>2</sub> menjadi biomassa sehingga produktivitas biomassa menjadi tinggi (Rufaida, 2008).

### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa, didapatkan laju air 20 mL/menit menghasilkan % CO<sub>2</sub> terserap yang optimal yakni *Chlorella vulgaris* (5,51 %), *Chlamydomonas sp.* (0,52 %), dan *Spirulina sp.* (8,91 %). *Spirulina sp.* memiliki jumlah persentase penyerapan CO<sub>2</sub> yang paling tinggi di antara *Chlorella vulgaris* dan *Chlamydomonas sp.* Penelitian ini juga menunjukkan bahwa *Spirulina sp.* mengalami peningkatan biomassa paling tinggi, yakni sebesar 0,136 g/L, dibandingkan dengan *Chlorella vulgaris*. dan *Chlamydomonas sp.* yang hanya sebesar 0,136 g/L dan 0,130 g/L.

### DAFTAR PUSTAKA



- Kumar, K., Dasgupta, C.N., Nayak, B., Lindblad, P., Das, D. 2011. Development of Suitable Photobioreactor for CO<sub>2</sub> Sequestration Addressing Global Warming Using Green Algae and Cyanobacteria. *Journal of Bioresource Technology*. Indian Institute of Technology Kharagpur. India.
- Maarif, F., Arif, J. 2008. Absorpsi Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dalam Biogas dengan Larutan NaOH secara Kontinyu. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ono, E., Cuello, J.L. 2004. Design Parameters of Solar Concentrating Systems for CO<sub>2</sub>-Mitigating Algal Photobioreactors. *Energy Int. J.* 29, 1651–1657.
- Pambudi, N. A. 2009. Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif. *Urusan Teknik Mesin Dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada*. Yogyakarta.
- Richmond, A. 2004. *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*. Blackwell Science Ltd. United Kingdom.
- Rostika, R.N. 2011. Biofiksasi CO<sub>2</sub> oleh Mikroalga *Chlamydomonas* sp. untuk Pemurnian Biogas. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.