

## PENGURANGAN KADAR KARBONDIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) DALAM BIOGAS DENGAN BIOFIKSASI MIKROALGA *CHLORELLA VULGARIS* DAN *SCENEDESMUS OBLIQUUS*

Dedy Anwar<sup>1,2</sup>, Pestahariati Panjaitan<sup>1</sup>, Ester Rina Situmorang<sup>1</sup>,  
Meutia Mirnandaulia<sup>3</sup>, Zuqni Meldha<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Bioproses, Fakultas Bioteknologi, Institut Teknologi Del,  
Jl. Sisingamangaraja, Sitoluama, Laguboti, Toba,  
Sumatera Utara 22381, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Doktor Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl.  
Grafika no.2, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Agribisnis Kelapa Sawit, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan,  
Jl. Medan Tenggara VII Medan Denai, 20228, Indonesia

<sup>4</sup> Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Jl. HR. Soebrantas,  
Pekanbaru 28293, Indonesia  
E-mail: [dedy.anwar@del.ac.id](mailto:dedy.anwar@del.ac.id)

### Abstract

Biogas typically contains a predominant amount of methane (CH<sub>4</sub>) ranging from 55% to 70% and a significant proportion of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) between 25% and 50%. High levels of CO<sub>2</sub> reduce the fuel value of biogas. One technique for reducing the CO<sub>2</sub> content in biogas is through biofixation using microalgae. Biofixation involves the absorption of CO<sub>2</sub> through the process of photosynthesis. The research aims to determine the extent of CO<sub>2</sub> reduction through biofixation using microalgae, assess the influence of biogas flow rates and the type of microalgae on CO<sub>2</sub> absorption, and examine the growth rate of microalgae during the biofixation process to reduce CO<sub>2</sub> levels in biogas. In this research, water hyacinth and cow dung are utilized to produce biogas. The variations in biogas flow rates used as variables in the CO<sub>2</sub> reduction process by microalgae are determined from the maximum flow rate of 6.85 mL/hour and twice the maximum flow rate, which is 13.7 mL/hour. The microalgae employed are *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus obliquus*. Parameters under observation include the CO<sub>2</sub> content in biogas before and after biofixation, as well as the biogas flow rate. CO<sub>2</sub> reduction is conducted in three stages, with the use of *Scenedesmus obliquus* yielding higher results compared to *Chlorella vulgaris*. The results show that the reduction in CO<sub>2</sub> content with twice the maximum flow rate is 68.8% for *Scenedesmus obliquus* and 49% for *Chlorella vulgaris*.

**Keywords:** Biogas; Biofixation; *Chlorella vulgaris*; *Scenedesmus obliquus*.

### Abstrak

Biogas biasanya mengandung sejumlah besar metana (CH<sub>4</sub>) berkisar antara 55% hingga 70% dan proporsi yang signifikan dari karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) antara 25% hingga 50%. Tingginya kadar CO<sub>2</sub> dalam biogas akan mengurangi nilai kalornya. Salah satu cara untuk mengurangi

kandungan CO<sub>2</sub> yang ada pada biogas adalah melalui biofiksasi mikroalga. Biofiksasi melibatkan penyerapan CO<sub>2</sub> dalam kegiatan fotosintesis. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sejauh mana biofiksasi mikroalga dapat menurunkan CO<sub>2</sub>, menilai pengaruh laju alir biogas dan jenis mikroalga terhadap penyerapan CO<sub>2</sub>, serta mengamati laju pertumbuhan mikroalga selama proses biofiksasi untuk mengurangi kadar CO<sub>2</sub> dalam biogas. Biogas diproduksi dengan menggunakan eceng gondok sebagai bahan baku dengan bioaktivator kotoran sapi. Variasi laju alir biogas dalam proses pengurangan CO<sub>2</sub> oleh mikroalga ditentukan dari laju alir maksimum sebesar 6,85 mL/jam dan dua kali laju alir maksimum, yaitu 13,7 mL/jam. Mikroalga yang digunakan adalah *Chlorella vulgaris* dan *Scenedesmus obliquus*. Parameter yang diamati mencakup kandungan CO<sub>2</sub> dalam biogas sebelum dan setelah biofiksasi, serta laju alir biogas. Penurunan CO<sub>2</sub> dilakukan dalam tiga tahap, dengan penggunaan *Scenedesmus obliquus* memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Chlorella vulgaris*. Hasilnya menunjukkan bahwa penurunan kandungan CO<sub>2</sub> dengan laju alir dua kali maksimum adalah 68,8% untuk *Scenedesmus obliquus* dan 49% untuk *Chlorella vulgaris*.

**Kata Kunci:** Biogas; Biofix; *Chlorella vulgaris*; *Scenedesmus obliquus*.

## 1. Pendahuluan

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah salah satu jenis tanaman invasif yang tumbuh dengan sangat cepat. Pertumbuhan eceng gondok yang tidak terkendali ini bisa menjadi masalah karena bisa menutupi permukaan air, mengakibatkan penurunan kadar oksigen di dalamnya [1,2]. Di beberapa tempat seperti Danau Toba, eceng gondok menjadi dapat menghambat jalur transportasi di danau. Selain itu, eceng gondok juga membuat danau terlihat kotor, mempengaruhi kualitas airnya. Populasi eceng gondok yang tidak terkendali dapat diubah menjadi produk memiliki nilai ekonomis. Salah satunya adalah sebagai sumber energi. Kandungan biomassa dalam eceng gondok adalah potensi besar dalam menghasilkan sumber energi alternatif [3]. Salah satu penggunaan yang umum dan banyak diteliti yaitu memanfaatkan eceng gondok untuk menghasilkan biogas.

Beberapa penelitian mengenai pembuatan biogas dari eceng gondok telah pernah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Seperti dalam studi yang dilakukan oleh peneliti [4], disebutkan bahwa mencampur kotoran sapi dan ayam dengan eceng gondok memiliki potensi untuk menghasilkan biogas. Penelitian serupa [5] melaporkan eceng gondok sebagai produsen biogas yang baik dengan perlakuan awal yang minimal. Peneliti lainnya [6] menyatakan bahwa eceng gondok salah satu bahan baku yang baik dalam produksi biogas, dan dalam penelitian [7], menyimpulkan bahwa eceng gondok adalah substrat yang mampu menghasilkan biogas yang sangat baik.

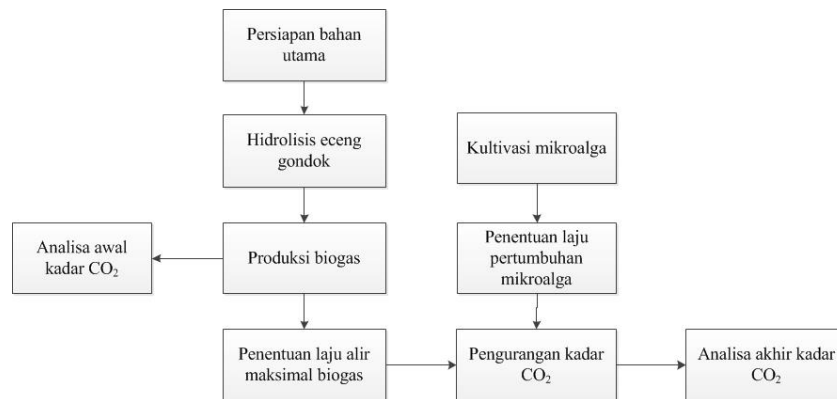
Biogas merupakan salah satu energi alternatif terbarukan [8,9] yang memiliki potensi besar dalam menurunkan ketergantungan pada bahan konvensional. Meskipun biogas kaya akan metana [10], biasanya masih mengandung kadar CO<sub>2</sub> yang tinggi, yang dapat mengurangi nilai bakar biogas tersebut. Oleh karena itu, dilakukan upaya untuk mengurangi kadar CO<sub>2</sub> dalam biogas dengan memanfaatkan CO<sub>2</sub> dalam biogas untuk mendukung pertumbuhan mikroalga.

Pemurnian biogas dapat dijalankan dengan metode kimia atau biologi. Pemurnian

kimia melibatkan penggunaan zat kimia seperti karbon aktif, kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), dan zeolit. Untuk mengurangi penggunaan zat kimia secara berkelanjutan, terdapat alternatif yang lebih ramah lingkungan dalam pemurnian biogas, yaitu dengan biofiksasi mikroalga. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh laju alir dan jenis mikroalga terhadap biofiksasi  $\text{CO}_2$  yang terdapat dalam biogas. Hasil penelitian ini akan memberikan dampak positif terhadap penggunaan biogas sebagai sumber energi alternatif.

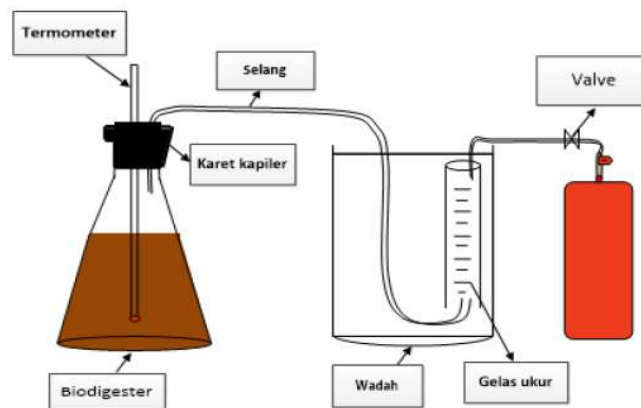
## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini melibatkan dua tahap utama, yaitu tahapan pertama dilakukan produksi biogas dari eceng gondok. Biostarter yang digunakan dalam produksi biogas adalah kotoran sapi. Selanjutnya tahapan kedua yaitu tahap pemurnian biogas. Pemurnian dilakukan dengan biofiksasi mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Scenedesmus obliquus*. Ilustrasi tahapan penelitian digambarkan secara skematis dalam Gambar 1.



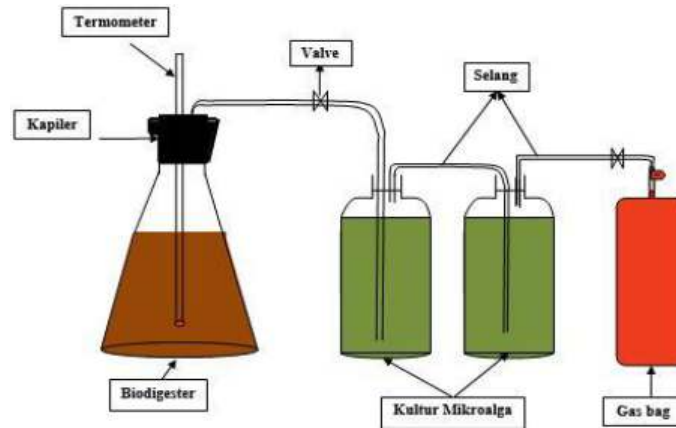
**Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian**

Tahap pendahuluan dilakukan untuk menentukan laju alir maksimum, sehingga pada tahap pemurnian biogas, laju alir tersebut dapat dijadikan variasi. Tahap awal, eceng gondok yang telah melalui perlakuan awal dicampurkan dengan kotoran sapi untuk menghasilkan biogas. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap biogas yang dihasilkan untuk menentukan kadar  $\text{CO}_2$  di dalamnya. Kemudian, dilakukan prosedur pengurangan  $\text{CO}_2$  dalam biogas menggunakan biofiksasi.



**Gambar 2. Skema peralatan produksi biogas**

Setelah itu, dilakukan analisis perbandingan kadar  $\text{CO}_2$  sebelum dan sesudah tahap pemurnian untuk mengukur penurunan konsentrasi  $\text{CO}_2$  dalam biogas. Analisis gas dilakukan dengan memanfaatkan Detector  $\text{CO}_2$  Data Logger. Skema peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam Gambar 2 dan Gambar 3.

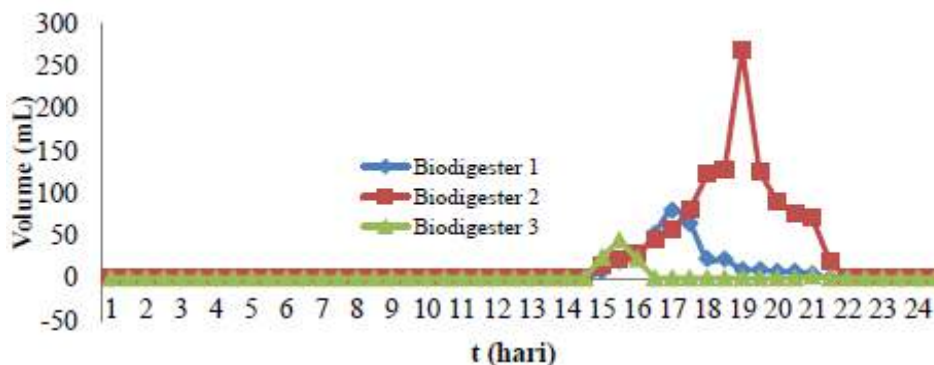


Gambar 3. Skema peralatan pengurangan  $\text{CO}_2$  dengan biofiksasi

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Proses Produksi Biogas

Pengamatan terhadap produksi biogas dilakukan selama periode 24 hari dan melibatkan tiga biodigester. Ketiga biodigester tersebut menerima perlakuan yang serupa. Penggunaan tiga biodigester bertujuan untuk mengukur volume produksi biogas pada setiap biodigester secara terpisah. Hasil dari produksi biogas dapat ditemukan dalam Gambar 4.



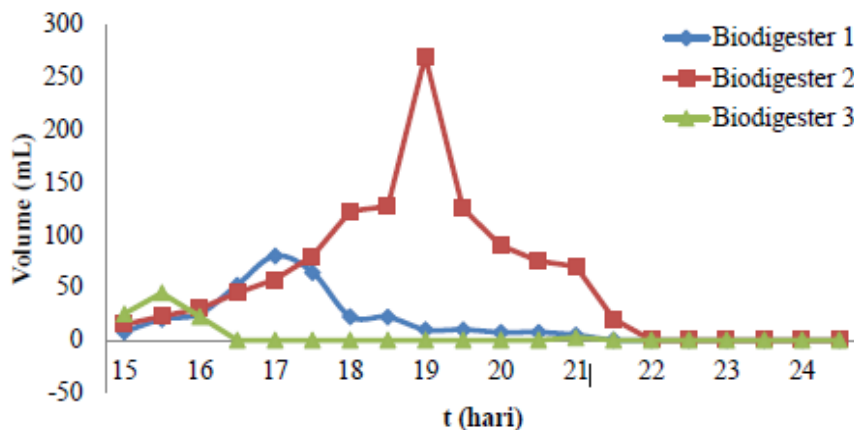
Gambar 4. Volume produksi biogas dari eceng gondok

Pada Gambar 4, dapat disimpulkan bahwa dalam 14 hari pertama pengamatan, belum terjadi produksi biogas. Hal ini disebabkan oleh adaptasi awal bakteri yang ada dalam kotoran sapi, sehingga mereka belum mampu menghasilkan biogas. Dalam tahap hidrolisis hemiselulosa akan dikonversi menjadi glukosa yang diperlukan oleh dalam tahap asidogenesis. Kemudian glukosa akan diubah menjadi asam asetat yang selanjutnya diubah oleh menjadi biogas oleh bakteri pada tahap metanogenesis [11]. Tahapan asidogenesis akan terjado selama kurang lebih 10 hari [12].

Biogas mulai terbentuk pada hari ke-15, dan produksinya meningkat secara signifikan pada hari ke-19. Produksi biogas paling tinggi terjadi selama fase eksponensial, menghasilkan biogas dalam jumlah yang besar. Namun, pada hari ke-22 dan seterusnya, produksi biogas di setiap biodigester berhenti. Hal ini disebabkan oleh dugaan habisnya bahan organik dalam substrat yang diubah oleh bakteri metanogenesis yang ada dalam kotoran sapi.

### 3.2 Penentuan Laju Alir Maksimum Biogas

Laju alir maksimum adalah laju alir produksi biogas pada keadaan steady state. Laju alir ini akan dijadikan sebagai variabel dalam proses pengurangan kadar CO<sub>2</sub>. Data produksi biogas dari ketiga biodigester dapat dilihat dalam Gambar 5.



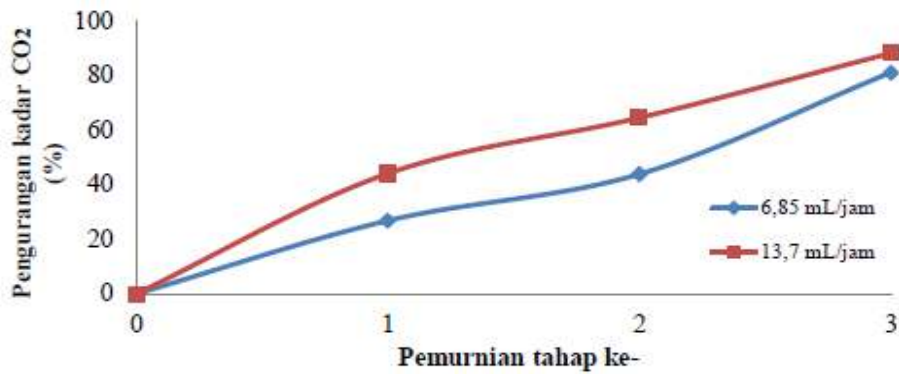
**Gambar 5. Biogas yang dihasilkan pada hari ke 15-22**

Berdasarkan Gambar 5, dapat ditarik kesimpulan, biodigester dengan perlakuan kedua memproduksi biogas paling banyak, dengan total volume biogas sebanyak 1.150 mL. Volume produksi ini digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai laju alir maksimum, yang pada penelitian ini adalah sebesar 6,85 mL/jam. Saat tahap pengurangan kadar CO<sub>2</sub> dilakukan, digunakan dua tingkat laju alir, yaitu laju alir maksimum dan dua kali laju alir maksimum. Laju alir pertama adalah sekitar 6,85 mL/jam, sedangkan laju alir kedua adalah sekitar 13,7 mL/jam.

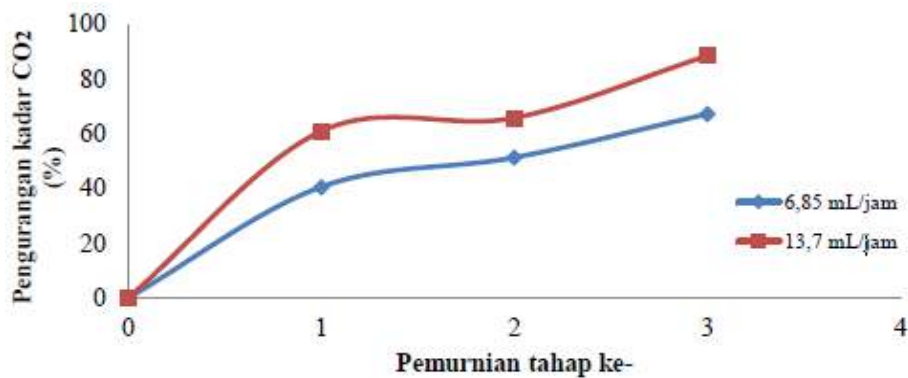
Penggunaan laju alir paling maksimum dalam tahap pengurangan CO<sub>2</sub> dalam biogas bertujuan untuk menyesuaikan kondisi penelitian dalam mode operasi kontinu, yang juga akan menghasilkan volume biogas yang maksimal (*real time*).

### 3.3 Pengaruh Laju Alir terhadap Penurunan Kadar CO<sub>2</sub>

Pengurangan kadar CO<sub>2</sub> melibatkan tiga tahap sirkulasi. Biogas yang sudah melalui kultur mikroalga akan dialirkan kembali ke dalam kultur lagi sebagai tahap kedua, dan pengulangannya sebagai tahap ketiga. Grafik hubungan laju alir terhadap pengurangan CO<sub>2</sub> berdasarkan jenis mikroalga disajikan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Grafik pengurangan kadar CO<sub>2</sub> dengan biofiksasi *C. vulgaris*



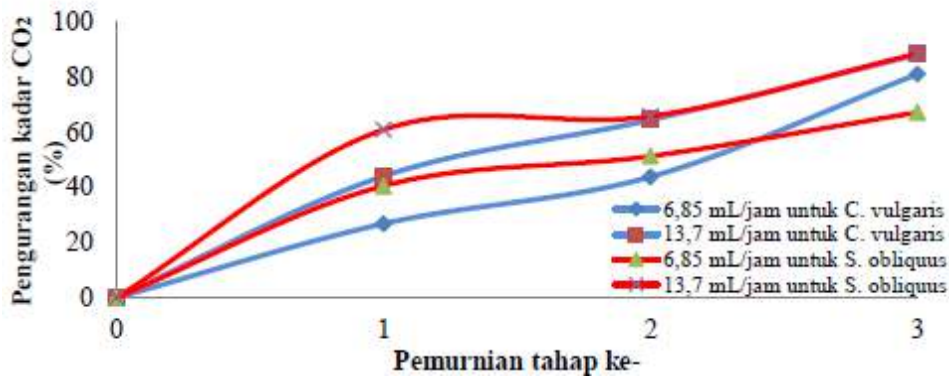
Gambar 7. Grafik pengurangan kadar CO<sub>2</sub> dengan biofiksasi *S. obliquus*

Dari Gambar 6 dan Gambar 7, dapat dilihat mikroalga dapat menyerap CO<sub>2</sub> untuk pertumbuhannya. Ini terlihat dari pengurangan kadar CO<sub>2</sub> seiring waktu biogas dialirkan ke dalam kultur mikroalga. Gambar juga menunjukkan bahwa penurunan kadar CO<sub>2</sub> dengan variasi laju alir sebesar 13,7 mL/jam menghasilkan tingkat pengurangan kadar CO<sub>2</sub> yang lebih besar. Kedua jenis mikroalga mampu mereduksi CO<sub>2</sub> hingga 88% pada laju alir biogas 13,7 mL/jam. Hal ini menandakan CO<sub>2</sub> dikonsumsi oleh kultur mikroalga, yang terlihat dari perbedaan kadar CO<sub>2</sub> di awal dan akhir kontak biogas terhadap kultur mikroalga. Penelitian sebelumnya [13] yang meneliti pemurnian biogas menggunakan mikroalga juga menyatakan semakin tinggi laju alir biogas yang dialirkan maka CO<sub>2</sub> yang dapat diserap oleh mikroalga akan semakin banyak.

Jumlah tahapan proses pengurangan kadar CO<sub>2</sub> bertujuan untuk menilai pengaruh sirkulasi dalam mengurangi kadar CO<sub>2</sub> dalam biogas. Dapat dilihat dari Gambar 6 dan Gambar 7 juga jumlah tahapan sirkulasi mempengaruhi dalam proses pengurangan kadar CO<sub>2</sub>, yaitu penambahan sirkulasi akan mempengaruhi tinggi tingkat penurunan kadar CO<sub>2</sub>. Tingkat pengurangan CO<sub>2</sub> dengan oleh *Scenedesmus obliquus* untuk tahap 1 pada laju alir 6,85 mL/jam dan 13,7 mL/jam berturut-turut sekitar 4.301 ppm dan 2.650 ppm, tahap 2 sekitar 3.301 ppm dan 2.319 ppm, dan tahap 3 sekitar 2.223 ppm dan 778 ppm. Pada *Chlorella vulgaris* untuk tahap 1 pada laju alir 6,85 mL/jam dan 13,7 mL/jam berturut-turut sekitar 4.962 ppm dan 3.793 ppm, tahap 2 sekitar 3.808 ppm dan 2.407 ppm, dan tahap 3 sekitar 1.283 ppm dan 803 ppm

### 3.4 Pengaruh Jenis Mikroalga terhadap Penurunan Kadar CO<sub>2</sub>

Mikroalga memiliki dampak yang signifikan terhadap penurunan kadar CO<sub>2</sub> dalam biogas. Ini disebabkan karena mikroalga dapat mengambil CO<sub>2</sub> dan menggunakannya sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya. Menurut penelitian sebelumnya [14], jenis mikroalga yang memiliki pigmen hijau cenderung menyerap CO<sub>2</sub> lebih efisien dibandingkan dengan jenis mikroalga yang memiliki pigmen hijau-biru. Pengurangan CO<sub>2</sub> oleh mikroalga dalam biogas dapat dilihat dalam Gambar 8.

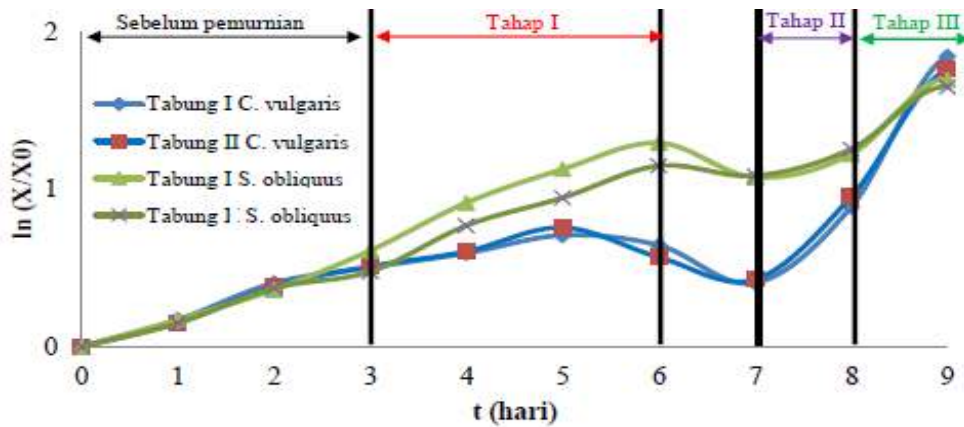


**Gambar 8. Penurunan kadar CO<sub>2</sub> terhadap tahapan**

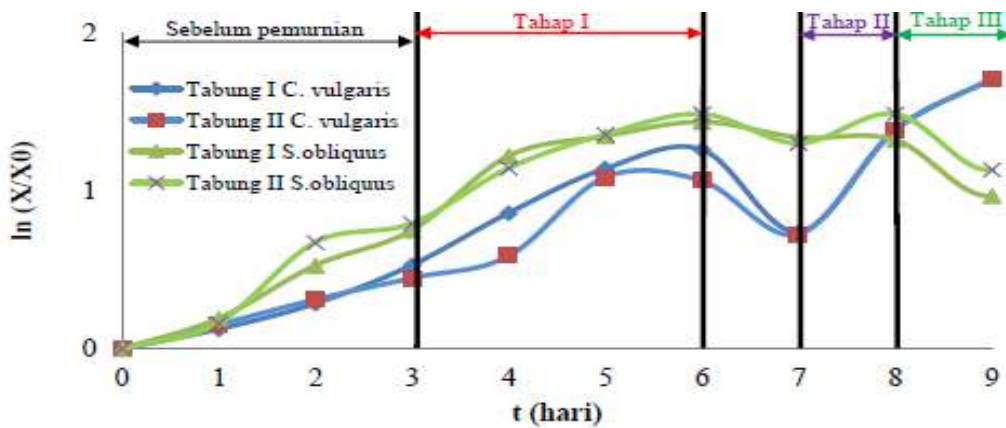
Berdasarkan Gambar 8, terlihat bahwa *S. obliquus* melakukan pengurangan kadar CO<sub>2</sub> yang lebih banyak dibandingkan *C. vulgaris*. Fenomena ini terlihat dari selisih besar kandungan CO<sub>2</sub> setelah melewati kultur mikroalga dibandingkan dengan sebelumnya, baik pada kedua variasi laju alir. Perbedaan dalam kemampuan penyerapan CO<sub>2</sub> oleh kedua mikroalga disebabkan oleh perbedaan kemampuan fotosintesis yang dimiliki oleh masing-masing mikroalga. Selain itu, tingkat ketahanan mikroalga terhadap stres juga berbeda-beda, di mana tingkat stres yang dialami oleh mikroalga *C. vulgaris* lebih tinggi dibandingkan dengan *S. obliquus* [15]. Faktor lain yang memengaruhi adalah media pertumbuhan mikroalga yang lebih sesuai untuk *S. obliquus* dibandingkan dengan *C. vulgaris*. Penelitian sebelumnya [16] juga mencatat bahwa tingginya kandungan tembaga sulfat (CuSO<sub>4</sub>) dalam medium pertumbuhan *C. vulgaris* dapat menghambat aktivitas fotosintesis dan akibatnya, biofiksasi CO<sub>2</sub> terganggu disebabkan perusakan pigmen dalam kloroplas. Diketahui kloroplas adalah bagian yang berperan dalam fiksasi CO<sub>2</sub>.

### 3.5 Pengaruh Biofiksasi CO<sub>2</sub> pada Biogas terhadap Pertumbuhan Mikroalga

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan dengan menghitung jumlah biomassa menggunakan haemocytometer, terlihat bahwa mikroalga mengalami pertumbuhan selama proses pengurangan kadar CO<sub>2</sub>. Laju pertumbuhan mikroalga *C. vulgaris* dan *S. obliquus* dalam proses pengurangan kadar CO<sub>2</sub> dapat dilihat dalam Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Laju pertumbuhan mikroalga dengan laju alir 6,85 mL/jam



Gambar 10. Laju pertumbuhan mikroalga dengan laju alir 13,7 mL/jam

Pengamatan terhadap pertumbuhan mikroalga dalam penelitian ini dilakukan selama 9 hari. Pengamatan dimulai pada saat mikroalga berada pada fase log yaitu hari ke-3. Pada hari ke-4 suplay  $\text{CO}_2$  dimulai dengan memanfaatkan  $\text{CO}_2$  yang ada dalam biogas. Dari Gambar 9 dan Gambar 10, terlihat bahwa pada kedua variasi mikroalga terjadi fase pertumbuhan yang baik. Hal ini dapat diamati dari peningkatan jumlah sel seiring waktu percobaan, hal ini menunjukkan bahwa  $\text{CO}_2$  dalam biogas yang dialirkan dapat digunakan sebagai substrat selama proses fotosintesis untuk pertumbuhan.

Selama proses fotosintesis,  $\text{CO}_2$  akan diambil oleh mikroalga sebagai sumber nutrisi. Semakin banyak  $\text{CO}_2$  yang difiksasi, semakin baik pertumbuhan mikroalga, sehingga jumlah biomassa mikroalga juga meningkat [17]. Dari Gambar 9 dan Gambar 10, diperoleh informasi bahwa jumlah sel yang dihasilkan dengan laju alir 13,7 mL/jam lebih banyak daripada laju alir 6,85 mL/jam. Ini konsisten dengan penelitian sebelumnya [18] yang menyatakan bahwa semakin tinggi laju alir yang masuk ke dalam kultur mikroalga, semakin tinggi pula laju pertumbuhan mikroalga. Namun, perlu diingat bahwa laju alir yang terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan mikroalga karena terjadinya penumpukan  $\text{CO}_2$  yang dapat menjadi racun bagi mikroalga.



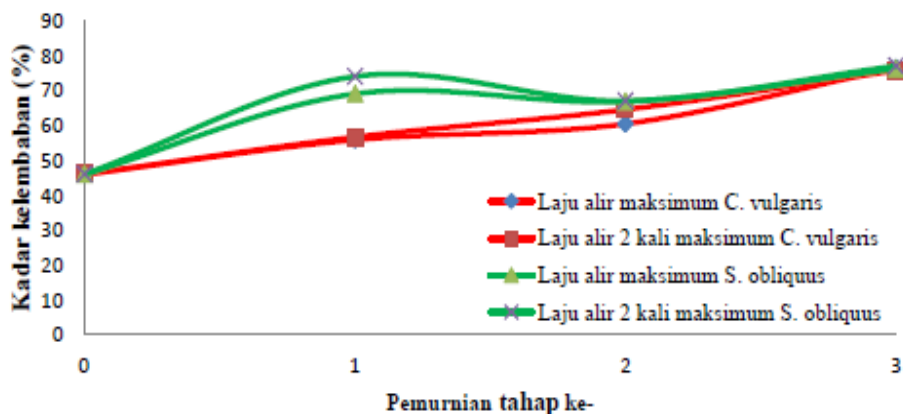
Dari Gambar 9 dan Gambar 10, juga terlihat bahwa terjadi penurunan pertumbuhan mikroalga pada hari ke-6, baik pada laju alir 6,85 mL/jam maupun laju alir 13,7 mL/jam. Hal ini disebabkan oleh kurangnya suplai CO<sub>2</sub> sebagai sumber energi ke dalam kultur mikroalga pada hari ke-6. Tujuan dari tidak penghentian suplai CO<sub>2</sub> ke dalam kultur mikroalga pada hari ke-6 adalah untuk menguji laju pertumbuhan mikroalga tanpa adanya suplai nutrisi. Hasilnya menunjukkan bahwa laju pertumbuhan mikroalga menurun secara signifikan tanpa suplai CO<sub>2</sub> ke dalam kultur mikroalga. Pada hari ke-7, terjadi peningkatan jumlah biomassa karena dilakukan kembali suplai CO<sub>2</sub> dari biogas ke dalam kultur mikroalga, sehingga jumlah biomassa dalam kultur mikroalga meningkat.

Berdasarkan Gambar 9 dan Gambar 10, terlihat bahwa laju pertumbuhan mikroalga pada tahap 2 dan tahap 3 untuk *C. vulgaris* terjadi peningkatan untuk semua variasi, namun berbeda dengan *S. obliquus* pada variasi laju alir 13,7 mL/jam terjadi penurunan laju pertumbuhan. Ini disebabkan oleh penumpukan CO<sub>2</sub> pada laju alir biogas 13,7 mL/jam. Akumulasi kadar CO<sub>2</sub> ini mengakibatkan kultur mikroalga mencapai kejenuhan, sehingga tidak mampu memanfaatkan CO<sub>2</sub> sebagai substrat untuk pertumbuhan mereka. Menurunnya jumlah biomassa pada tahap ketiga terjadi karena mikroalga pada tahap ini sudah memasuki fase kematian. Hal ini didukung beberapa teori bahwa waktu kultivasi untuk *C. vulgaris* dan *S. obliquus* adalah sekitar 10-15 hari.

Gambar 9 dan Gambar 10 juga menunjukkan bahwa tabung I memiliki jumlah biomassa yang lebih besar dari pada tabung II. Ini terjadi karena CO<sub>2</sub> yang dibawa oleh biogas lebih dahulu melewati tabung I, sehingga mikroalga di dalamnya mendapat lebih banyak CO<sub>2</sub>. Hal tersebut menyebabkan jumlah biomassa di tabung II lebih rendah karena kadar CO<sub>2</sub> dalam biogas yang mengalir ke tabung II lebih sedikit karena sudah terlebih dahulu ditangkap oleh tabung I.

### 3.6 Pengaruh Sirkulasi Biogas pada tahap Pemurnian terhadap Kadar Kelembaban

Kelembaban dalam penelitian ini adalah kandungan air dalam biogas. Pada bagian ini, akan dibahas bagaimana sirkulasi biogas dalam sistem pemurnian dapat mempengaruhi tingkat kelembaban dalam biogas. Dampak dari sirkulasi biogas terhadap tingkat kelembaban dalam biogas disajikan dalam Gambar 11.



**Gambar 11. Pengaruh sirkulasi biogas pada tahap pemurnian terhadap kelembaban**

Pengamatan yang dilakukan terhadap kelembaban biogas bertujuan untuk mengetahui kualitas biogas yang dihasilkan. Berdasarkan Gambar 11 terlihat bahwa kelembaban

meningkat seiring dengan penurunan kadar CO<sub>2</sub>, hal ini terlihat pada variasi laju alir 6,85 mL/jam ataupun pada laju alir 13,7 mL/jam untuk kedua jenis mikroalga. Terlihat pada Gambar 4.8 kadar kelembaban dari tahap I hingga pada tahap III meningkat sebanyak 30%. Kadar kelembaban biogas yang tinggi dapat menyebabkan penurunan titik nyala biogas dan dapat menyebabkan korosif [19].

#### 4. Kesimpulan

Laju alir biogas mempengaruhi proses fiksasi CO<sub>2</sub> oleh mikroalga, dimana pada penelitian ini laju alir paling tinggi mengalami pengurangan kadar CO<sub>2</sub> paling maksimal. Penurunan Kadar CO<sub>2</sub> maksimal oleh *C. vulgaris* sebesar 88,15% dan *S. obliquus* sebesar 88,52%, dengan variasi laju alir biogas sebesar 13,7 mL/jam. Hal tersebut menandakan bahwa *S. obliquus* memiliki kemampuan fiksasi CO<sub>2</sub> lebih baik dibandingkan dengan *C. vulgaris*.

#### Referensi

- [1] Bottezini L, Dick DP, Wisniewski A, Knicker H, Carregosa ISC. *Phosphorus species and chemical composition of water hyacinth biochars produced at different pyrolysis temperature*. Bioresour Technol Rep. 2021 Jun 1;14.
- [2] Ingabire H, Twizerimana M, M. M' Arimi M. *Effect of co-digestion with water hyacinth, inoculum concentration and dilution on biogas production of fish waste*. Energy Reports. 2023 Oct 1;9:286–90.
- [3] Gunnarson dan Peterson. (2007). *Water Hyacinth as a Resource and Energy Production*. Waste Management, 117-129.
- [4] Farzana. (2014). *Biogas Production from Anaerobic Co-Digester of Cow Manure with Kichen Waste and Water Hyacinth*. Renew Energy, 434-439.
- [5] Jagadish. (2014). *Anaerobic Co-Digester of water Hyacinth and Sheep Waste*. Energy Procedia, 572-578.
- [6] Visva. (2018). *Anaerobic Co-Digestion of Water Hyacinth and Banan Peels with and without Thermal Pretreatment*. Renewable Energy, 103-112.
- [7] Azay. 2017. *The Use of Water Hyacinth Biomass from Greywater Treatment Pond for Biogas Production*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- [8] L. Jurgutis, A. Šlepetienė, K. Amalevičiūtė-Volungė, J. Volungevičius, and J. Šlepetys, "The effect of digestate fertilisation on grass biogas yield and soil properties in field-biomass-biogas-field renewable energy production approach in Lithuania" Biomass Bioenergy, vol. 153, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.biombioe.2021.106211.
- [9] Z. Hua, J. Li, B. Zhou, S. W. Or, K. W. Chan, and Y. Meng, "Game-theoretic multi-energy trading framework for strategic biogas-solar renewable energy provider with heterogeneous consumers" Energy, vol. 260, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.energy.2022.125018.

- [10] G. R. A. Samosir, E. A. Nainggolan, M. M. Kinda, and D. Anwar, "Isolation and Identification of Biogas-Producing Methanogenic Bacteria from Cow Manure" in Proceedings of the 4th International Conference on Life Sciences and Biotechnology (ICOLIB 2021), Atlantis Press International BV, 2023, pp. 444–450. doi: 10.2991/978-94-6463-062-6\_44.
- [11] Price dan Chremisinoff. (1981). *Biogas Production and Utilization*. Arbor Science Publisher.
- [12] Sergio. (2008). *Optimization of the Hydrolytic-Acidogenic Anaerobic Digestion*. Reservoir, 3972-3980.
- [13] Abdurrachman, O. (2013). *Peningkatan Karbon Dioksida dengan Mikroalga (Chlorella vulgaris, Chlamydomonas sp., Spirulina sp.) dalam upaya untuk Meningkatkan Kemurnian Biogas*. Teknologi Kimia dan Industri, 212-216.
- [14] Kumar, D. (2011). *Development of Suitable Photobioreactor for CO<sub>2</sub> Sequestration Addressing Global Warming using Green Algae and Cyanobacteria*. India: Bioresource Technology. Merizawati. (2008). *Analisis Sinar Merah, Hijau dan Biru untuk Mengukur Kelimpahan Fitoplankton Chlorella vulgaris*. Institut Pertanian Bogor, 87.
- [15] Morais dan Costa, M. G. (2007). *Carbon Dioxide Fixation by Chlorella kessleri, Chlorella vulgaris, Scenedesmus obliquus and Spirulina sp. Cultivated in Flasks and Vertical Tubular Photobioreactors*. Biotechnol Lett, 1349-1352.
- [16] Soeprbowati, T. (2012). *Mitigasi Danau Eutrofik: Studi Kasus Danau Rawapening*. Prosiding Seminar Nasional Limnologi IV, 36-48.
- [17] Hadyanto dan Widayat. (2014). *Biofiksasi CO<sub>2</sub> oleh Mikroalga Chlamydomonas sp. dalam Photobioreactor Tubular*. Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik.
- [18] Wilde, C. (1993). *A Culture Method for Microalgae Forms to Studies on Growth and Carotenoid Production*. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 325-329.
- [19] Horikawa. (2004). *Chemical Absorption of H<sub>2</sub>S for Biogas Purification*. Brazilian Journal of Chemical Engineering. 21 (3), 415-422.