

BATAS TOLERANSI MAKSIMAL LAJU ALIR GAS UMPAN DENGAN KONSENTRASI CO₂ KONSTAN PADA MIKROALGA (*Tetrasselmiss chuii* DAN *Spirrulina sp*) DALAM FOTOBIOREAKTOR

MAXIMUM TOLERANCY LIMITS OF FEED GAS FLOW RATE WITH CONSTANT CO₂ CONCENTRATION ON MICROALGA (*Tetrasselmiss chuii* AND *Spirrulina sp*) IN A PHOTOBIOREAKTOR

Sakha Abdussalam^{1#}, Elida Purba², Agus Rivaldy K.³

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung Bandar Lampung
Jalan Sumantri Brojonegoro No.1. Bandar Lampung. 35144

[#]E-mail: sakhaabdussalam@gmail.com

Dikirim 18 September 2017 Direvisi 10 Oktober 2017 Disetujui 7 November 2017

Abstrak : Penelitian ini membahas tentang penentuan batas laju alir yang diberikan kepada mikroalga *Tetrashelmis chuii* dan *Spirrulina sp* terhadap ketahanannya dalam hal mengadsorpsi CO₂ dengan konsentrasi umpan CO₂ yang cukup besar. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan batas toleransi laju alir gas umpan dengan konsentrasi CO₂ konstan pada mikroalga (*Tetrasselmiss chuii* dan *Spirrulina sp*) dalam fotobioreaktor. Hal ini diperlukan untuk mengkararakteristikan jenis mikroalga terhadap ketahanannya dalam menerima umpan gas yang diberikan untuk mengurangi jumlah CO₂ dengan dilakukannya variasi laju alir umpan masuk fotobioreaktor yaitu 1 l/menit, 1,5 l/menit dan 2 l/menit dengan konsentrasi CO₂ sebesar 33 %. Didapatkan hasil bahwa laju alir yang optimum yang dimiliki oleh mikroalga paling baik dalam penyerapan CO₂ yaitu *Spirrulina sp* dengan kemampuan laju alir 1 l/menit dengan penyerapan sebesar 83,13 % dibanding *Tetrasselmiss chuii* dengan laju alir 1,5 l/menit dengan penyerapan sebesar 76,10 %.

Kata kunci: Absorpsi, CO₂, *Spirrulina sp*, *Tetrashelmis chuii*.

Abstract : This study discusses the determination of flow rate limits given to the *Tetrashelmis chuii* and *Spirrulina sp* microalgae against their resistance in terms of adsorbing CO₂ with a considerable concentration of CO₂ feed. The purpose of this study was to determine the tolerance limit of feed gas flow rate with constant CO₂ concentration in microalgae (*Tetrasselmiss chuii* and *Spirrulina sp*) in a photobioreactor. It is necessary to characterize the type of microalgae against its resistance in receiving a given gas feed to reduce the amount of CO₂ by varying the feed flow-rate of the photobioreactor at 1 l/min, 1.5 l/min and 2 l/min with a CO₂ concentration of 33 %. It was found that the optimum flow rate possessed by microalgae is best in the absorption of CO₂, *Spirrulina sp* with a flow rate capability of 1 l/min with absorption of 83.13 % compared to *Tetrasselmiss chuii* with a flow rate of 1.5 l/min with absorption of 76.10 %.

Keywords: Absorption, CO₂, *Spirrulina sp*, *Tetrashelmis chuii*.

PENDAHULUAN

Peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer merupakan salah satu faktor terjadinya pemanasan global atau *Global warming*. *Global warming* adalah meningkatnya suhu permukaan bumi karena adanya penumpukan gas rumah kaca di atmosfer. Gas – gas rumah kaca tersebut antara lain, CFC, CO₂, CO, metana, SO_x, HFC, PFC, N₂O, dan SF₆. Gas – gas tersebut akan menimbulkan efek rumah kaca di atmosfer,

sehingga panas yang sudah masuk ke dalam bumi tidak bisa keluar dan terperangkap di dalam bumi. Para peneliti memprediksi peningkatan konsentrasi CO₂ dua kali lipat, dapat meningkatkan temperatur global 1°C hingga 5°C (Rubin, dkk., 1992). Sehingga dibutuhkan penanganan dari limbah gas yang mengandung CO₂.

Salah satu upaya untuk memperlambat semakin bertambahnya gas CO₂ yaitu

dengan mencegah CO₂ dilepas ke atmosfer dengan menyimpan gas tersebut atau komponen karbonnya ketempat lain. Cara ini disebut *carbon sequestration* (menghilangkan karbon). Penghilangan karbon ini dapat dilakukan dengan mengabsorpsi CO₂ secara biologis dengan menggunakan mikroalga (biofiksasi).

Biofiksasi merupakan alternatif lain untuk mengurangi konsentrasi CO₂ di atmosfer. Biofiksasi dapat dilakukan oleh mikroalga dengan cara melakukan penyerapan CO₂ seperti tumbuhan tingkat tinggi lainnya. Penggunaan mikroalga dalam memfiksasi CO₂ lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan tanaman tingkat tinggi, terlebih mikroalga tidak menghasilkan limbah yang berdampak buruk bagi lingkungan sehingga tidak mempengaruhi kualitas tempat tinggal mikroalga yaitu air dan dapat menghasilkan minyak yang nantinya dapat diolah menjadi bioetanol (Supriyadi, 2010).

Tumbuhan mikroalga menyerap CO₂ dengan cara melakukan fotosintesis. Dalam proses fotosintesis tersebut, cahaya dan aerasi CO₂ memegang peranan yang sangat penting. Namun faktor cahaya dan konsentrasi CO₂ yang diperlukan tiap-tiap jenis tumbuhan dan alga untuk dapat tumbuh secara maksimum harus mendapatkan perlakuan yang beda dikarenakan setiap mikroalga memiliki kemampuan fotosintesis yang berbeda-beda terutama kemampuan dan toleransinya dalam menyerap CO₂.

Alga mempunyai bentuk yang bermacam-macam, ada yang menyerupai benang dan ada yang berbentuk tumbuhan tinggi. Ciri utamanya adalah tidak mempunyai alat berupa akar, batang, dan daun sesungguhnya seperti yang dimiliki oleh tumbuhan lainnya (Briggs, 2004).

Jenis-jenis Alga hijau yang dapat dimanfaatkan contohnya *Tetraselmis chui*, *Spirulina* sp. *Chlorella* sp, *Spirulina*

Platensis, *Chaetoceros Gracilis*, dan *Nannochloropsis oculata*. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan mikroalga *Tetraselmis chui* dan *Spirulina* sp. Dua jenis mikroalga tersebut merupakan mikroalga yang mudah ditemukan di perairan laut Indonesia dan banyak dibudidayakan di Provinsi Lampung. Alga tersebut mengandung bahan-bahan organik seperti polisakarida, hormon, vitamin, mineral dan juga senyawa biokatif.

Wild dan Benneman (1993) melakukan penelitian terkait pengaruh laju alir gas CO₂ terhadap pertumbuhan mikroalga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan alga dapat ditingkatkan dengan kenaikan laju alir gas.

Penelitian yang meneliti tentang laju alir pada pertumbuhan mikroalga juga dilakukan oleh Susanto dkk (2012) melakukan penelitian yang bertujuan untuk menyerap emisi CO₂ dari gas buangan industri dengan variasi konsentrasi CO₂ dan laju alir gas CO₂ umpan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa mikroalga *Clorella* sp. memiliki kemampuan yang baik dalam beradaptasi terhadap umpan dengan konsentrasi gas CO₂ sebesar 10% dengan laju alir 1,5 l/menit dan daya penyerapan rata-rata sebesar 2,3±0,91% lebih tinggi dibanding laju alir 2 l/menit dengan rata-rata penyerapan sebesar 1,5±0,47%. Dari penelitian tersebut didapatkan profil penyerapan CO₂ pada mikroalga *Clorella* sp. mengalami penurunan pada laju alir 2 l/menit.

Dengan mempelajari penelitian terdahulu terkait pengaruh laju alir gas dan konsentrasi CO₂, maka akan dilakukan penelitian terkait penentuan batas toleransi laju alir gas umpan dengan konsentrasi CO₂ konstan pada mikroalga (*Tetraselmis chui* dan *Spirulina* sp) dengan variasi laju alir gas umpan (1;1,5;2) l/menit dalam fotobioreaktor.

METODOLOGI

1. Bahan-bahan dalam penyerapan CO₂

- Mikroalga *Tetraselmiss chuii*, didapatkan dari Balai Besar Pengembangan Budi Daya Laut Lampung, Lempasing, Lampung Selatan.
- Mikroalga *Spirrulina sp.*, didapatkan dari Balai Besar Pengembangan Budi Daya Laut Lampung, Lempasing, Lampung Selatan.
- Air Laut, didapatkan dari Balai Besar Pengembangan Budi Daya Laut Lampung, Lempasing, Lampung Selatan.
- Nutrisi, pupuk conwy dengan kandungan NaNO₃, MnCl₂, vitamin, dan NaH₂PO₄.2H₂O.
- Gas CO₂, didapat dari PT Aneka Gas Industri di Natar, Lampung Selatan.
- Udara, diambil dengan menggunakan air pump.

2. Alat-alat yang digunakan yaitu :

- Photobioreaktor*, digunakan berupa toples berkapasitas 5 liter.
- Tabung CO₂, sebagai tempat penyimpanan dan penyuplai CO₂.
- Air pump*, menyuplai udara. *Air pump* yang digunakan berkapasitas 48 liter/menit dengan merk Resun Air 3000.
- Regulator CO₂, digunakan untuk mengatur keluaran gas CO₂ yang berasal dari tabung CO₂.
- Flowmeter gas*, alat ini berguna untuk mengukur laju alir gas yang akan masuk dan keluar dari fotobioreaktor. *Flowmeter gas* yang digunakan *flowmeter* type inline LZS dengan kapasitas 8-40 m³/jam.
- Lampu TL (*tube light*) 40 watt dengan intensitas 4000 - 6000 lux digunakan sebagai sumber cahaya

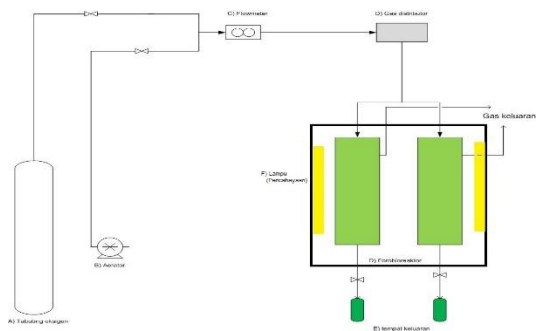
buatan yang menggantikan cahaya matahari guna melangsungkan proses fotosintesis.

- Tabung pencampur (distributor) terbuat dari pipa selang yang digunakan sebagai wadah untuk mencampurkan CO₂ dengan udara. Tabung ini berfungsi sebagai penampung sementara CO₂ dan udara dari *aerator* sebelum dialirkan ke *photobioreaktor*.
- Luxmeter berfungsi untuk mengetahui besarnya intensitas lampu *fluorescent* yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu 4000 lux. Luxmeter yang digunakan adalah luxmeter dengan merk Tenmars dengan kapasitas 1-100.000 lux.
- Kain Satin berfungsi untuk menyaring alga hasil panen. Kain satin memiliki ukuran 60-70 mesh.
- Haemocytometer* alat ini berfungsi untuk mengukur kepadatan sel.
- Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air laut dan alga yang akan dimasukkan ke dalam fotobioreaktor
- Selang Selang digunakan sebagai media yang mengalirkan gas dari tabung gas, *aerator*, tabung pembagi, *flowmeter* yang menuju fotobioreaktor maupun gas keluaran dari fotobioreaktor.

3. Prosedur Penelitian

Skema Penelitian

Berikut skema penelitian yang dilakukan:



Gambar 3.1. Skema rangkaian fotobioreaktor mikroalga

Tahapan Pengkulturan Mikroalga

- Aliran gas dari tabung gas CO₂ dan *air pump* dirangkai seperti Gambar 3.1 Aliran kedua gas tersebut masuk ke tabung pencampur dan *flowmeter* dihubungkan ke selang keluaran tabung pencampur. Laju alir gas CO₂ divariaasikan yaitu 1 l/menit, 1,5 l/menit, 2 l/menit untuk konsentrasi CO₂ umpan 33%
- Mengatur laju alir gas sesuai dengan yang ditentukan dengan cara membagi laju alir CO₂ dengan laju alir total kemudian dikalikan 100 maka diperoleh konsentrasi CO₂ yang diinginkan dalam satuan persen (%).
- Fotobioreaktor diisi kultur mikroalga dengan air laut pada perbandingan 1:3 dan 2 ml nutrisi untuk 4 liter kultur.
- Sambungkan aliran gas yang sudah diatur konsentrasi CO₂ -nya kedalam fotobioreaktor.
- Hitung jumlah sel alga setiap hari, hingga hari ke-5 pengkulturan menggunakan *haemocytometer* dan mikroskop.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan batas toleransi laju alir gas umpan dengan konsentrasi CO₂ konstan pada mikroalga (*Tetraselmis chuii* dan *Spirulina sp*) dalam fotobioreaktor. Agar dapat mencapai

tujuan tersebut, dilakukan beberapa langkah penelitian yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia FT Unila dari bulan November 2016 sampai April 2017.

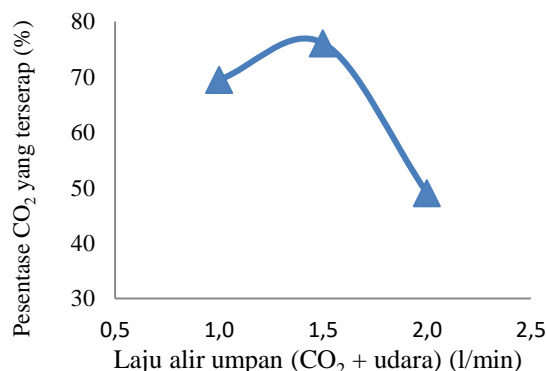
Analisis sampel yang berupa gas masukan dan keluaran fotobioreaktor dianalisis di Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri Teknologi Hasil Pertanian FP Universitas Lampung menggunakan Kromatografi Gas-2014 AT (*SHIMADZU Corp 08128*). Hasil yang akan ditinjau dari penelitian ini adalah pengaruh laju alir gas umpan terhadap penyerapan CO₂ dan pertumbuhan mikroalga.

3.1 Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap Penyerapan CO₂

3.1.1. Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap Penyerapan CO₂

Tetraselmis chuii

Pengaruh laju alir gas umpan fotobioreaktor terhadap presentase penyerapan CO₂ pada proses fotosintesis yang dilakukan oleh mikroalga jenis *Tetraselmis Chuii* dapat ditampilkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1. Pengaruh laju alir umpan terhadap persentase penyerapan CO₂ oleh mikroalga jenis *Tetraselmis chuii*

Gambar 4.1. menunjukkan bahwa penyerapan gas CO₂ yang dilakukan oleh mikroalga *Tetrashelmis chuii* mengalami peningkatan hingga laju alir 1,5 l/menit. Hal ini terjadi karena semakin bertambahnya laju alir dalam kultur maka semakin banyak CO₂ yang terserap oleh mikroalga untuk berfotosintesis. Akan tetapi pada saat laju alir dinaikan menjadi

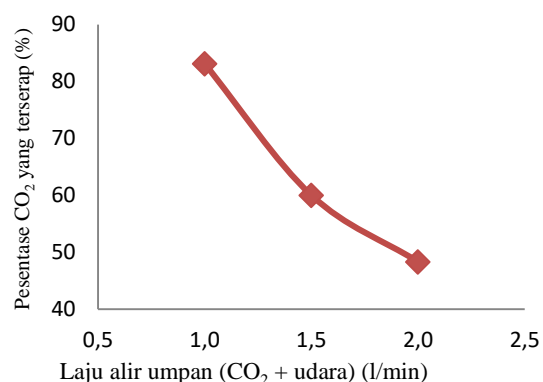
2 l/menit, terjadinya penurunan penyerapan CO₂ yang cukup jauh. Hal ini menunjukkan bahwa laju alir yang berlebih berpengaruh terhadap penyerapan mikroalga *Tetrashelmis chuii*.

Penurunan persen penyerapan CO₂ ini memang dapat terjadi, dikarenakan terlalu tinggi laju alir yang diberikan dapat meloloskan gas umpan yang diberikan dari fotobioreaktor. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Kativu (2011) yang menjelaskan bahwa menurunnya penyerapan CO₂ pada kultur mikroalga dalam sistem terjadi karena CO₂ tidak bisa sepenuhnya diserap oleh mikroalga untuk proses fotosintesis karena sudah mencapai ambang batas yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan berdampak langsung terhadap jumlah terserapnya CO₂ dalam sistem.

3.1.2 Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap Penyerapan CO₂ *Spirrulina sp*

Pengaruh laju alir gas umpan fotobioreaktor terhadap presentase penyerapan CO₂ pada proses fotosintesis yang dilakukan oleh

mikroalga jenis *Spirrulina sp* dapat ditampilkan pada Gambar 4.2



Gambar 4.2. Pengaruh laju alir umpan terhadap persentase penyerapan CO₂ oleh mikroalga jenis *Spirrulina sp*

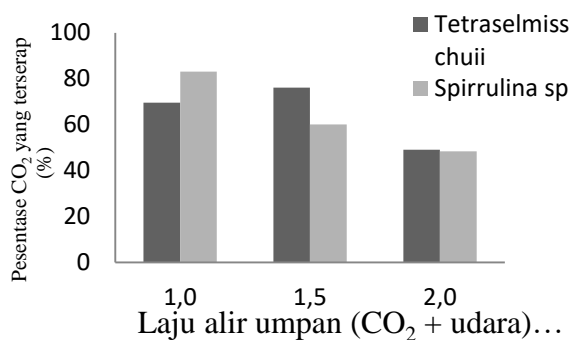
Gambar 4.2. menunjukkan bahwa persentase penyerapan CO₂ oleh mikroalga *Spirrulina sp* terus menurun seiring tingginya laju alir gas yang diumpankan. Dimana pada saat laju alir 1 l/menit meperoleh hasil penyerapan CO₂ yang paling baik yaitu 83,13 % dibanding lainnya.

Penurunan penyerapan CO₂ ini memang dapat terjadi, dikarenakan terlalu tinggi laju alir yang diberikan dapat menjadikan CO₂ dalam sistem pengkulturasi tidak bisa diserap sepenuhnya oleh mikroalga *Spirrulina sp* untuk proses fotosintesis, menyebabkan kurang optimalnya dalam hal penyerapan dan banyaknya gas CO₂ yang lolos dari fotobioreaktor. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Kativu (2011) yang menjelaskan bahwa menurunnya penyerapan CO₂ pada kultur mikroalga dalam sistem tidak bisa sepenuhnya diserap oleh mikroalga untuk proses fotosintesis karena sudah mencapai ambang batas yang dapat mempengaruhi

pertumbuhan dan berdampak langsung terhadap jumlah terserapnya CO₂ dalam sistem.

1.1.3. Perbandingan Pengaruh Laju Alir Umpam Terhadap Penyerapan CO₂ *Tetraselmis chuii* dan *Spirulina sp*

Persentase penyerapan yang terjadi pada kedua mikroalga mempunyai perbedaan nyata, terlihat pada Gambar 4.3



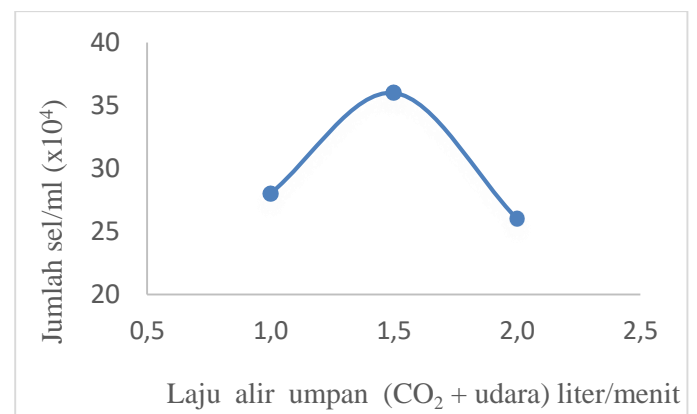
Gambar 4.3. Perbandingan persentase penyerapan dari mikroalga *Tetraselmis chuii* dan *Spirulina sp*

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa kedua mikroalga mempunyai keunggulannya masing-masing dalam ketahannya terhadap CO₂ yang diberikan. Mikroalga *Spirulina sp* paling baik pada saat laju alir 1 l/menit dengan persentase penyerapan CO₂ 83,13%, sedangkan penyerapan CO₂ terbaik mikroalga jenis *Tetraselmis chuii* pada laju alir 1,5 l/menit sebesar 76,11% . Dari kedua mikroalga ini, *Spirulina sp* merupakan mikroalga yang paling besar dalam penyerapan CO₂ dikarenakan *Spirulina sp* adalah mikroalga pigmen biru-hijau yang mampu beradaptasi dengan baik. Hal tersebut didukung oleh penelitian yang menyatakan bahwa setiap jenis mikroalga mempunyai

ketahanan 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).

3.2. Pengaruh Laju Alir Umpam terhadap Pertumbuhan Mikroalga

Pengamatan dilakukan untuk melihat pertumbuhan sel dari mikroalga dengan menggunakan hemocytometer yang dilihat melalui mikroskop. Total pertumbuhan sel *Tetraselmis chuii* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



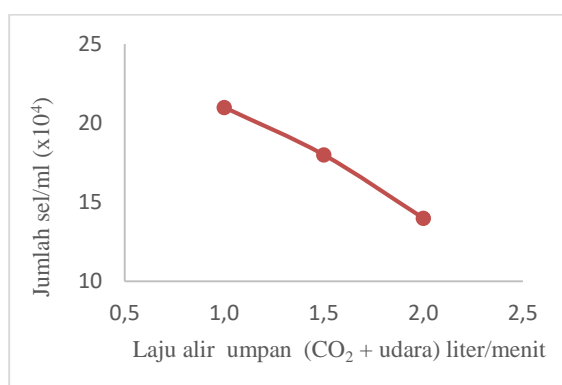
Gambar 4.4. Total pertumbuhan sel mikroalga *Tetraselmis chuii*

Gambar 4.4. merupakan perbandingan antara total jumlah sel mikroalga dengan variasi laju alir gas umpannya . Jumlah sel mengalami kenaikan pertumbuhan hingga laju alir 1,5 l/menit dikarenakan semakin besar CO₂ yang diumpangkan semakin besar pula CO₂ yang terabsorpsi sehingga proses fotosintesis meningkat dan berbanding lurus dengan laju pertumbuhannya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wilde dan Beneman (1993) bahwa semakin tinggi laju alir CO₂ maka semakin tinggi laju

pertumbuhan mikroalga dan produktivitas mikroalga.

Akan tetapi pada saat laju alir 2 l/menit pertumbuhan sel dari *Tetraselmis chuii* mengalami penurunan pertumbuhan dikarenakan kontak yang terjadi antara CO₂ dengan kultur akan semakin cepat. Hal ini terjadi karena mikroalga yang berperan sebagai agen penyerap CO₂ tidak mampu mengikat CO₂ dengan cepat yang terus dialirkan kedalam fotobioreaktor pada proses fotosintesis yang menyebabkan beban CO₂ yang diberikan untuk diserap terlalu besar sehingga dapat meracuni kultur dan mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan sel dari mikroalga tersebut.

Total pertumbuhan sel yang diperoleh mikroalga *Spirulina sp* terus mengalami penurunan, dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Total pertumbuhan sel mikroalga jenis *Spirulina sp*

Gambar 4.5 merupakan pola pertumbuhan mikroalga jenis *Spirulina sp*. Didapatkan hasil bahwa mikroalga jenis ini adalah mikroalga yang lemah terhadap laju alir yang tinggi, dikarenakan pola pertumbuhan sel cenderung menurun seiring bertambahnya laju alir yang diberikan. Bila laju alir yang diberikan terus dinaikkan, dapat menurunkan total

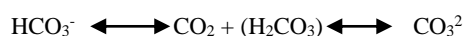
pertumbuhan sel dalam fotobioreaktor.

Pola pertumbuhan yang menurun terjadi karena kontak yang terjadi antara CO₂ dengan kultur semakin cepat. Mikroalga yang seharusnya berperan sebagai agen penyerap CO₂ tidak berkerja secara optimal dalam proses fotosintesis diakibatkan oleh beban CO₂ yang diberikan untuk diserap terlalu besar sehingga dapat meracuni kultur dan mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan sel dari mikroalga tersebut.

Dari hasil kedua mikroalga tersebut, keduanya mengalami penurunan pertumbuhan akibat adanya penambahan laju alir umpan yang ditetapkan. Akan tetapi ada perbedaan dari penurunan pertumbuhan keduanya. Bila *Tetraselmis chuii* mengalami penurunan pada saat laju alir 2 l/menit dan *Spirulina sp* mengalami penurunan pada saat laju alir 1,5 l/menit. Hal ini dapat disimpulkan bahwa masing-masing mikroalga mempunyai titik optimum laju alir umpan CO₂ yang diberikan untuk mencapai pertumbuhan sel yang optimal, dimana pada saat kelebihan umpan yang diberikan akan menyebabkan penurunan jumlah sel.

Kesimpulan yang diberikan didukung oleh penjelasan hasil penelitian yang menjelaskan bahwa ketika CO₂ berdifusi ke dalam air, maka akan terbentuk asam karbonat (H₂CO₃). Asam karbonat berdisosiasi secara spontan menjadi kaarbonat (CO₃²⁻) dan ion bikarbonat (HCO₃⁻). Ketiga senyawa memiliki reaksi

kesetimbangan dalam kultur sebagai berikut



Ketika terjadi asimilasi gas CO_2 maka reaksi akan bergeser ke sebelah kanan, karena HCO_3^- akan berubah menjadi CO_2 menggantikan CO_2 bebas yang diserap oleh mikroalga. Jika senyawa HCO_3^- tidak dimanfaatkan dengan baik dalam pengkulturan karena terlalu jenuh maka terjadi penurunan pertumbuhan diakibatkan pengkulturan terlalu asam maka akan mengganggu metabolisme dan menyebabkan adanya senyawa logam yang bersifat toksik semakin tinggi dalam kultur yang mengganggu kelangsungan hidup dari mikroalga yang nantinya akan berdampak tidak bisanya mikroalga menyerap CO_2 yang diberikan. (Hoshida, dkk, 2005)

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Mikroalga *Spirulina sp* menghasilkan penyerapan CO_2 lebih baik dibandingkan *Tetrashelmiss chuii* yaitu pada saat laju alir umpan 1 l/menit dengan persentase penyerapan sebesar 83,13 %.
2. Mikroalga *Tetrashelmiss chuii* menghasilkan pertumbuhan optimal pada laju alir 1,5 l/menit dan *Spirulina sp* pada laju alir 1 l/menit dengan konsentrasi CO_2 keduanya sebesar 33 % dari umpan.
3. Pertumbuhan sel yang paling tinggi dihasilkan oleh *Tetrashelmiss chuii* pada laju alir 1,5 l/menit yaitu sebesar 36×10^4 sel/ml.

Pertumbuhan sel yang tinggi ini berbanding lurus dengan penyerapan CO_2 pada sistem pengkulturannya. Semakin tinggi pertumbuhan sel maka semakin tinggi juga persentase penyerapan CO_2 .

DAFTAR PUSTAKA

- Briggs, M. 2004. *Widescale Biodiesel Production From Algae*. http://www.unh.edu/p2/biodiesel/article_algae.html. Diakses pada tanggal 15 Januari 2016
- Hoshida, H., Ohira, T., Minematsu, A., Akada, R., and Nishizawa, Y., (2005), Accumulation of Eicosapentaenoic Acid in *Nannochloropsis sp.* in Response to Elevated CO_2 Concentrations, *Applied Phycology*, 17, pp. 29-34.
- 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.
- Using Green Algae and Cyanobacteria Kumar, K., Dasgupta, C.N., Nayak, B., Lindbland, P., Das, D. 2011. Development of Suitable Photobioreactor for CO_2 Sequestration Addressing Global Warming. *Journal of Bioresource Technology*. Indian Institute of Technology Kharagpur. India
- Rubin, S., E., Cooper, N., R., Frosch, A., R., Lee, H., T., Marland, Greg, Rosenfeld, H., A. dan Stine, D., D. 1992. *Realistic Mitigation Options for Global Warming*. The America

Association for The Advancement
of Scienc. 257 : 148-149, 261-266.

- Supriyadi, Didik. 2010. *Pengaruh Intensitas Cahaya Dan Periode Penggantian Mikroalga Terhadap Penyerapan Gas Co2 Menggunakan Nannochloropsis Oculata Dalam Bubble Fotobioreaktor*. Bandar Lampung: Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Susanto, Arif Dwi., Darmawan, Rahmnia A., Susanto, Joko P. *MIKROALGA*

UNTUK PENYERAPAN EMISI CO2 DAN PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DI LOKASI INDUSTRI. Jakarta : Pusat Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

- 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.