

# Kajian Awal Laju Reaksi Fotosintesis untuk Penyerapan Gas CO<sub>2</sub> Menggunakan Mikroalga *Tetraselmis Chuii*

Elida Purba\* dan Ade Citra Khairunisa  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung  
Jl. S. Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung

## Abstract

The background of the present study was the facts that the increase of carbon dioxides concentration in the air due to industrial activities and fossil fuel combustion certainly leads to global warming. In order to reduce carbon dioxides concentration, photosynthesis reaction using *Tetraselmis chuii* was one of the potential methods to use. The present study aimed at determining the rate constant of reaction that used *Tetraselmis chuii*. The study was carried out by firstly saturating sea water as a culture media with carbon dioxide in order to reduce the influence of carbon dioxide diffusion through the media. Microalgae were then put inside the photo-bioreactor at different operating conditions. The operating variables investigated in the present work were temperature (28°C, 30°C and 35°C) and inlet CO<sub>2</sub> gas concentration (4, 9 and 14%) with a complete random experimental design. Experimental results showed that the highest absorption capacity was achieved at 30°C and 35°C for each inlet CO<sub>2</sub> concentration. However, the order of reaction with respect to CO<sub>2</sub> concentration could not have been determined since the correction factors (R) values obtained from graphical analysis of first, second and third order reactions were not significantly different.

**Keywords :** photo-bioreactor, absorption, *Tetraselmis chuii*, reaction rate constant, CO<sub>2</sub> concentration

## Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh meningkatnya konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara akibat dari pembuangan proses industri dan pembakaran bahan bakar sehingga dapat menyebabkan *global warming*. Oleh karena itu dilakukan penelitian tentang pengurangan konsentrasi CO<sub>2</sub> melalui reaksi fotosintesis menggunakan mikroalga *Tetraselmis chuii*. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan konstanta laju reaksi menggunakan *Tetraselmis chuii*. Penelitian dilakukan dengan menjenuhkan media kultur air laut terlebih dahulu dengan gas CO<sub>2</sub>, sehingga pengaruh difusi CO<sub>2</sub> ke dalam media kultur dapat diabaikan. Kemudian mikroalga dimasukkan ke dalam fotobioreaktor dengan berbagai kondisi operasi. Kondisi operasi yang divariasikan adalah temperatur yakni, 28°C, 30°C, dan 35°C serta umpan gas CO<sub>2</sub> sebesar 4, 9, dan 14% dengan rancangan percobaan acak lengkap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerapan tertinggi diperoleh pada suhu 30°C dan 35°C untuk setiap konsentrasi masukan CO<sub>2</sub>. Orde reaksi terhadap CO<sub>2</sub> belum dapat disimpulkan karena tidak ada beda nyata faktor koreksi (R) pada setiap grafik untuk persamaan order reaksi 1, 2, dan 3.

**Kata kunci :** fotobioreaktor, penyerapan, *Tetraselmis chuii*, konstanta laju reaksi, konsentrasi CO<sub>2</sub>

## Pendahuluan

Pemanasan global atau *global warming* menyebabkan perubahan iklim yang tidak menentu. Di Indonesia, fenomena yang dapat diamati secara langsung adalah terjadinya perubahan waktu musim hujan dan musim kemarau serta peristiwa banjir bandang dan kekeringan yang terjadi secara bersamaan pada daerah di Indonesia yang letaknya tidak berjauhan. *Global warming* secara umum diartikan peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi yang disebabkan oleh peningkatan jumlah gas rumah kaca yang terdapat di atmosfer bumi. Gas rumah kaca yang utama ada di bumi

adalah karbondioksida (CO<sub>2</sub>), metana, dan nitrat oksida. Gas karbondioksida adalah penyumbang terbesar gas rumah kaca dibandingkan gas lainnya. Untuk menanggulangi dan mencegah dampak pemanasan global ada beberapa cara yang dapat dilakukan antara lain (1) penggunaan *biofuel* menggantikan bahan bakar konvensional seperti batubara dimana gas buang pabrik yang menggunakan batubara mengandung CO<sub>2</sub> jauh lebih tinggi dibandingkan yang menggunakan *biofuel*; (2) penghematan bahan bakar minyak sehingga konsumsi energi menurun, yang akhirnya mengurangi laju produksi bahan bakar; (3) serta penyerapan gas CO<sub>2</sub> menggunakan bahan kimia dan tanaman. Tanaman yang digunakan dalam hal ini adalah *Tetraselmis chuii* sebagai mikroalga yang dapat digunakan untuk

\* Alamat korespondensi: elida\_purba@unila.ac.id

tujuan tersebut dengan memanfaatkan prinsip fotosintesis. Kelebihan cara ini adalah murah dan efisiensinya tinggi karena mikroalga tidak membutuhkan banyak ruang untuk pengkulturan dan pembibitan.

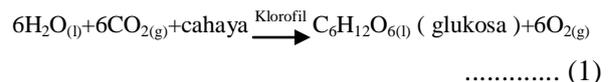
Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan data kinetika reaksi fotosintesis menggunakan *Tetraselmis chuii*. Melalui penelitian ini diperoleh informasi laju penyerapan gas CO<sub>2</sub> oleh *Tetraselmis chuii* akibat reaksi fotosintesis. Data kinetika reaksi dibutuhkan untuk perancangan fotobioreaktor.

Penelitian yang sudah dilakukan sejak 2009, sudah menghasilkan beberapa artikel publikasi ilmiah pada prosiding nasional dan internasional, dan sejumlah laporan hasil penelitian di Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penelitian-penelitian tersebut membahas tentang peran mikroalga dalam mengurangi CO<sub>2</sub> saat berfotosintesis dalam fotobioreaktor dan mikroalga dipanen untuk mendapatkan minyak alga. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses penyerapan CO<sub>2</sub> dan perolehan biomassa sudah diteliti dan dipublikasikan. Pengaruh konsentrasi CO<sub>2</sub> umpan dan intensitas cahaya yang diberikan terhadap perolehan biomassa sudah diteliti oleh Hernadi (2009), Wahyuningsih (2011), dan Subiyantoro (2011). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi umpan CO<sub>2</sub> maksimum adalah 15% dan intensitas cahaya yang terbaik adalah 6000 lux. Penyerapan CO<sub>2</sub> bervariasi dari 12 sampai 58%.

Untuk memperoleh konsentrasi CO<sub>2</sub> keluaran reaktor yang lebih stabil, maka kultur dipanen sebanyak volume tertentu yang ditetapkan (1/2, 1/3, 1/4, 1/5 bagian dari volume kultur) dan bersamaan dengan pengambilan tersebut ditambahkan bibit baru sebanyak volume yang diambil (Augustina, 2010; Sufriadi dan Purba, 2010; Coryda, 2011; Ramasari, 2011). Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume penggantian kultur yang terbaik adalah 1/5 bagian, dan periode pengantiannya 1 hari. Mulyawan (2011) dan Febrian (2011) meneliti tentang pengaruh *baffle* dalam fotobioreaktor terhadap perolehan biomassa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor alami yang tanpa *baffle* memberikan hasil perolehan biomassa yang lebih banyak. Akan tetapi hasil ini dianggap kurang *valid* dan perlu penelitian lanjutan, karena pada kenyataannya secara visual dapat dilihat bahwa ada mikroalga yang menempel pada *baffle*. Penelitian penting lainnya adalah ekstraksi minyak alga dari biomassa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa heksana

merupakan pelarut yang lebih baik dari segi kualitas minyak yang dihasilkan (Purba dan Taharuddin, 2010).

Penelitian lanjutan untuk menentukan data kinetika reaksi fotosintesis menggunakan mikroalga perlu dilakukan. Jacob-Lopes, dkk. (2008) sudah menentukan laju penyerapan CO<sub>2</sub> menggunakan *Aphanothece microscopia Nageli* dalam fotobioreaktor. Mereka menemukan bahwa order reaksi penyerapan CO<sub>2</sub> merupakan reaksi order satu. Reaksi fotosintesis adalah sebagai berikut:



Berdasarkan penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa jumlah CO<sub>2</sub> yang dipakai oleh mikroalga untuk berfotosintesis sebanding dengan jumlah materi organik C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> yang dihasilkan (Setiawan, dkk., 2008). Dengan kata lain, reaksi ini merupakan reaksi elementer. Dalam peristiwa ini ada dua proses yang terjadi yaitu absorpsi CO<sub>2</sub> oleh media kultur air laut dan reaksi fotosintesis. Akan tetapi karena media kultur sudah dijenuhkan dengan CO<sub>2</sub> terlebih dahulu, maka yang mengontrol proses secara keseluruhan adalah reaksi kimia.

### Laju reaksi dan orde reaksi penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub>

Laju reaksi dapat didefinisikan sebagai perubahan konsentrasi per satuan waktu (Dogra, 1984). Berkurangnya konsentrasi CO<sub>2</sub> yang merupakan reaktan dari reaksi fotosintesis menjadi fokus tinjauan dalam penelitian ini. Dalam hal ini diambil CO<sub>2</sub> sebagai basis penentuan laju reaksi pada reaksi (1) di atas. Untuk menentukan konstanta laju reaksi, dibutuhkan data-data penelitian yaitu waktu reaksi dan konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam reaktor.

Konstanta laju reaksi sangat bergantung pada suhu reaksi (Fogler, 1999). Menurut Arrhenius suhu mempengaruhi konstanta laju reaksi (*k*), dengan persamaan sebagai berikut:

$$k_A(T) = A \cdot e^{-E/RT} \quad (2)$$

dimana,

A = faktor tumbukan

E = energi aktivasi (J/mol)

R = konstanta gas (8,314J/mol.K)

T = suhu reaksi (K)

Energi aktivasi (*E*) adalah energi minimum yang harus dimiliki oleh suatu reaktan untuk dapat bereaksi. Nilai dari energi aktivasi didapat

dari eksperimen yang dilakukan pada suhu yang berbeda dan dapat ditunjukkan dengan persamaan:

$$\ln k = \ln A - E/R (1/T) \tag{3}$$

Dari Persamaan (3) dapat diuraikan bahwa dengan membuat grafik hubungan  $\ln k$  terhadap  $1/T$ , maka nilai  $-E/R$  dapat ditentukan.

**Penentuan orde reaksi secara grafis**

**Orde nol**

Untuk reaksi orde nol, laju reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Laju} = k [A]^0 \tag{4}$$

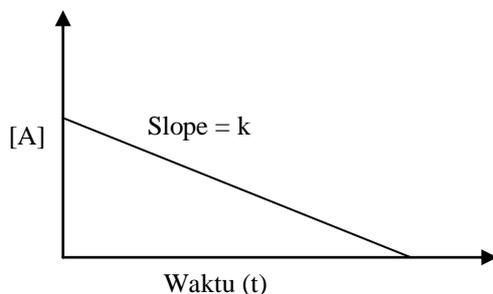
$$\frac{-d[A]}{dt} = k[A]^0 \tag{5}$$

$$d[A] = -k \times dt \tag{6}$$

$$[A] - [A]_0 = -k \times t \tag{7}$$

$$k = \frac{[A]_0 - [A]}{t} \tag{8}$$

Persamaan (8) di atas juga menyatakan bahwa laju reaksi orde nol tidak bergantung pada konsentrasi reaktan. Gambar 1 menunjukkan grafik hubungan antara pengurangan konsentrasi reaktan A terhadap waktu, dimana slope k merupakan nilai konstanta dari orde nol.



Gambar 1. Grafik reaksi orde nol

**Orde satu**

Reaksi orde satu mempunyai laju yang berbanding langsung dengan konsentrasi reaktan.

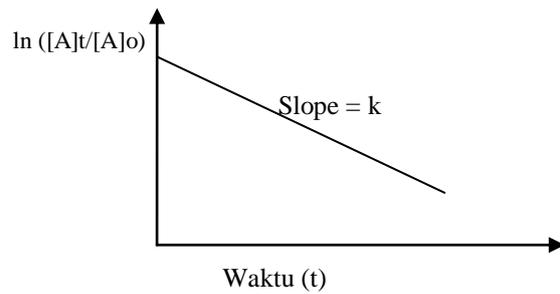
$$\frac{-d[A]}{dt} = k[A] \tag{9}$$

$$\ln \frac{[A]_t}{[A]_0} = -k \times t \tag{10}$$

$$\ln [A]_t - \ln [A]_0 = -k \cdot t \tag{11}$$

$$k = \frac{1}{t} \times \ln \frac{[A]_0}{[A]} \tag{12}$$

Grafik hubungan  $\ln [A]$  terhadap  $t$  merupakan suatu garis lurus seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik reaksi orde satu

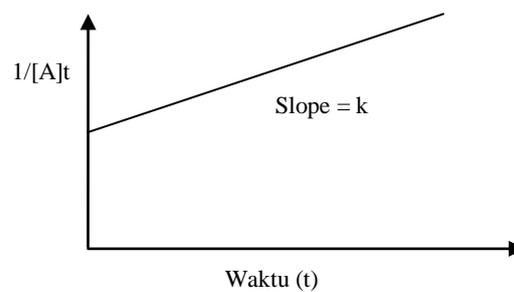
**Orde dua**

Dalam reaksi orde dua, laju reaksi berbanding langsung dengan kuadrat konsentrasi.

$$\frac{-d[A]}{dt} = k[A]^2 \tag{13}$$

Bila diintegrasikan :

$$\frac{1}{[A]_t} = \frac{1}{[A]_0} + k \cdot t \tag{14}$$



Gambar 3. Grafik reaksi orde dua

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan orde reaksi dan juga nilai konstanta laju reaksi menggunakan mikroalga *Tetraselmis chuii*. Diharapkan aplikasinya dapat dipakai untuk perancangan fotobioreaktor di sektor industri.

**Metode Penelitian**

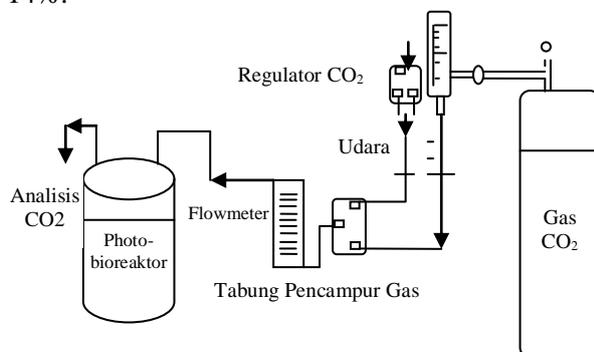
Skema peralatan ditunjukkan pada Gambar 4. Langkah awal yang perlu dilakukan dalam penelitian ini adalah merangkai peralatan seperti menghubungkan tabung CO<sub>2</sub> dengan fotobioreaktor menggunakan regulator, *flow meter* dan selang. Setelah semua alat terpasang, lalu dilakukan pengaturan laju alir udara dan juga CO<sub>2</sub> menggunakan *flowmeter*. Setelah laju alir gas CO<sub>2</sub> dan udara diatur, dilakukan pengisian fotobioreaktor dengan air laut dengan volume air laut 500 ml.

## Eliminasi efek difusi CO<sub>2</sub> ke media kultur air laut

Air laut di dalam fotobioreaktor perlu dijenuhkan dengan gas CO<sub>2</sub> sehingga pengaruh difusi dapat diabaikan dalam pengurangan CO<sub>2</sub> dalam fotobioreaktor. Campuran CO<sub>2</sub> dan udara dilewatkan ke dalam media kultur yang belum diisi mikroalga sampai kadar CO<sub>2</sub> umpan sama dengan kadar CO<sub>2</sub> keluar, yang menunjukkan bahwa media kultur sudah jenuh dengan CO<sub>2</sub>. Setelah itu, bibit *Tetraselmis chuii* ditambahkan ke dalam fotobioreaktor untuk pengkulturan.

### Pengkulturan *Tetraselmis chuii*

Bibit mikroalga *Tetraselmis chuii* dimasukkan dalam fotobioreaktor dengan konsentrasi 50% volume kultur. Setelah bibit dimasukkan ke dalam fotobioreaktor, pada waktu yang sama campuran gas CO<sub>2</sub> 2% dalam udara diumpungkan ke dalam reaktor. Suhu kultur diatur 28°C. Pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> keluaran dan juga jumlah sel mikroalga dilakukan setiap jam. Ketika jumlah sel mikroalga konstan atau alga sudah dalam fasa stasioner, maka pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> setiap jam terus dilakukan. Penelitian dilakukan sebanyak 9 run, yaitu diulangi untuk konsentrasi gas CO<sub>2</sub> 9 dan 14%, kemudian dilanjutkan untuk suhu 30°C dan 35°C untuk semua variasi konsentrasi CO<sub>2</sub> 2, 9, dan 14%.



Gambar. 4 Skema Rangkaian Peralatan Penelitian

### Sampling dan analisis sampel

Untuk menentukan jumlah sel mikroalga, sampel diambil dari fotobioreaktor dan jumlah sel dihitung menggunakan haemocytometer yang diletakkan di bawah mikroskop. Konsentrasi CO<sub>2</sub> keluaran fotobioreaktor diukur dengan menggunakan CO<sub>2</sub> Analyser. Jumlah CO<sub>2</sub> yang terserap atau yang bereaksi dalam reaktor adalah selisih jumlah CO<sub>2</sub> yang masuk dan yang keluar reaktor.

## Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 menunjukkan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang bereaksi pada setiap waktu reaksi pada berbagai suhu reaksi, dan berbagai konsentrasi CO<sub>2</sub> umpan. Nilai konstanta laju reaksi dan orde laju reaksi ditentukan dengan membuat grafik hubungan antara konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam fotobioreaktor dengan waktu reaksi. Grafik tersebut didasarkan pada persamaan orde reaksi, dimana setelah disesuaikan dengan ketiga kemungkinan order yang ada, didapatkan orde reaksi pada orde nol merupakan orde reaksi yang paling sesuai. Hal ini ditunjukkan dari grafik yang paling linier di antara ketiga order reaksi.

Pada proses fotosintesis ini yang paling berpengaruh dalam reaksi adalah suhu dan jumlah sel, dimana semakin tinggi suhu maka laju reaksi akan semakin cepat. Demikian juga untuk jumlah sel dalam hal ini dapat dianalogikan sebagai jumlah katalis, dimana semakin besar jumlah katalisnya maka semakin besar pula nilai laju reaksinya.

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa kelinieran grafik hubungan konsentrasi CO<sub>2</sub> dengan waktu untuk orde 0 adalah yang paling sesuai dengan R sebesar 0,979. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa reaksi ini merupakan reaksi orde 0.

Tabel 2. Nilai Konstanta Laju Reaksi (*k*) Fotosintesis *Tetraselmis chuii*

No	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	Suhu (°C)	Jumlah Sel (sel/ml)	Nilai Konstanta ( <i>k</i> )
1	4%	28	1063000	0,108
2	4%	30	943000	0,108
3	4%	35	830000	0,116
4	9%	28	980000	0,139
5	9%	30	960000	0,152
6	9%	35	800000	0,152
7	14%	28	830000	0,100
8	14%	30	740000	0,114
9	14%	35	700000	0,121

Hal ini dilakukan dengan menggunakan persamaan laju reaksi untuk orde nol. Dari hasil perhitungan didapat data nilai konstanta laju reaksi seperti yang ditunjukkan Tabel 2.

Dari data di atas dapat dilihat bahwa nilai konstanta laju reaksi (*k*) tidak dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi masukan CO<sub>2</sub>. Dari Tabel.1. dapat diketahui bahwa nilai konstanta berubah seiring dengan meningkatnya suhu dengan konsentrasi reaktan yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa nilai konstanta (*k*) meningkat seiring dengan meningkatnya suhu. Pada penelitian ini didapat nilai konstanta laju reaksi tertinggi pada suhu 35°C. Hal ini membuktikan bahwa meningkatnya suhu dapat

**Tabel 1. Konsentrasi CO<sub>2</sub> pada berbagai kondisi reaksi**

Untuk 4 % bukaan CO <sub>2</sub> input					
Pada suhu 28 °C					
No	Waktu (jam)	[CO <sub>2</sub> ] yang bereaksi (mol/l)	Orde 0 [Ao]	Orde 1 Ln ([At]/[Ao])	Orde 2 1/[At]
1	1	0	0,9990	0,0000	1,0010
2	2	0,0824	0,9166	-0,0861	1,0910
3	3	0,166	0,8325	-0,1824	1,2012
4	4	0,3321	0,6668	-0,4042	1,4996

Pada suhu 30°C					
No	Waktu (jam)	[CO <sub>2</sub> ] yang bereaksi (mol/l)	Orde 0 [Ao]	Orde 1 Ln ([At]/[Ao])	Orde 2 1/[At]
1	1	0	0,9990	0,0000	1,0010
2	2	0,08241	0,9166	-0,0861	1,0910
3	3	0,16653	0,8325	-0,1824	1,2012
4	4	0,33216	0,6668	-0,4042	1,4996

Pada suhu 35°C					
No	Waktu (jam)	[CO <sub>2</sub> ] yang bereaksi (mol/l)	Orde 0 [Ao]	Orde 1 Ln ([At]/[Ao])	Orde 2 1/[At]
1	1	0	0,9990	0,0000	1,0010
2	2	0,0824	0,9166	-0,0861	1,0910
3	3	0,2497	0,8325	-0,1824	1,2012
4	4	0,3321	0,6668	-0,4042	1,4996

Untuk 9 % bukaan CO <sub>2</sub> input					
Pada suhu 28 °C					
No	Waktu (jam)	[CO <sub>2</sub> ] yang bereaksi (mol/l)	Orde 0 [Ao]	Orde 1 Ln ([At]/[Ao])	Orde 2 1/[At]
1	1	0,0467	0,9532	-0,0478	1,0491
2	2	0,1110	0,8889	-0,1177	1,1250
3	3	0,3300	0,6699	-0,4005	1,4928
4	4	0,4399	0,5599	-0,5798	1,7860

Pada suhu 30°C					
No	Waktu (jam)	[CO <sub>2</sub> ] yang bereaksi (mol/l)	Orde 0 [Ao]	Orde 1 Ln ([At]/[Ao])	Orde 2 1/[At]
1	1	0,0467	0,9532	-0,0478	1,0491
2	2	0,2220	0,7779	-0,2510	1,2855
3	3	0,3300	0,6699	-0,4005	1,4928
4	4	0,5188	0,4810	-0,7317	2,0789

Untuk 14 % bukaan CO <sub>2</sub> input					
Pada suhu 28 °C					
No	Waktu (jam)	[CO <sub>2</sub> ] yang bereaksi (mol/l)	Orde 0 [Ao]	Orde 1 Ln ([At]/[Ao])	Orde 2 1/[At]
1	1	0,0000	1,0000	0,0000	1,0001
2	2	0,0714	0,9286	-0,0741	1,0769
3	3	0,2143	0,7857	-0,2412	1,2728
4	4	0,2857	0,7143	-0,3365	1,4000

Pada suhu 30°C					
No	Waktu (jam)	[CO <sub>2</sub> ] yang bereaksi (mol/l)	Orde 0 [Ao]	Orde 1 Ln ([At]/[Ao])	Orde 2 1/[At]
1	1	0,0000	1,0000	0,0000	1,0001
2	2	0,1428	0,8572	-0,1541	1,1666
3	3	0,2143	0,7857	-0,2412	1,2728
4	4	0,3571	0,6428	-0,4418	1,5556

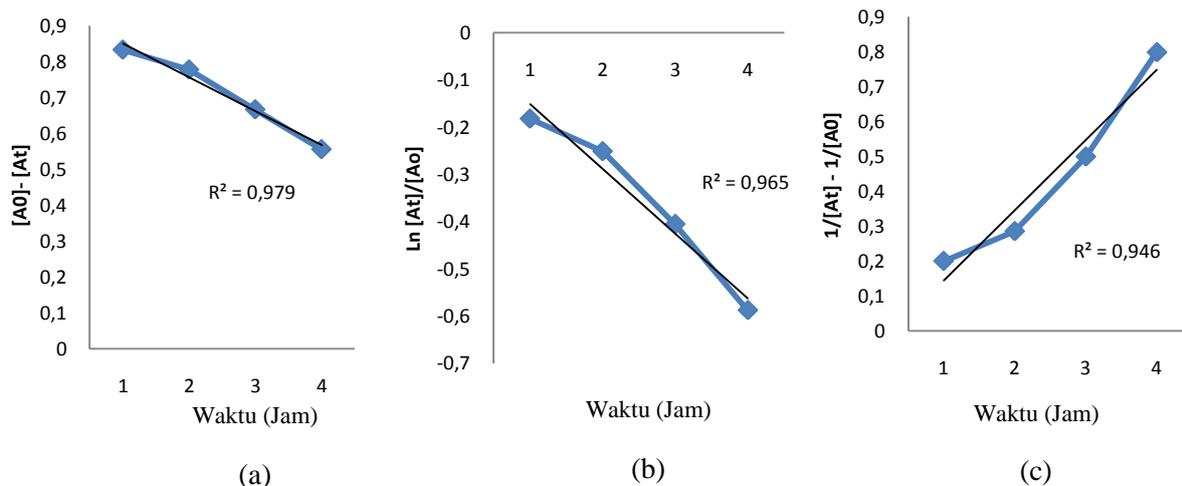
Pada suhu 35°C					
No	Waktu (jam)	[CO <sub>2</sub> ] yang bereaksi (mol/l)	Orde 0 [Ao]	Orde 1 Ln ([At]/[Ao])	Orde 2 1/[At]
1	1	0,0000	1,0000	0,0000	1,0001
2	2	0,1428	0,8572	-0,1541	1,1666
3	3	0,2857	0,7143	-0,3365	1,4000
4	4	0,3571	0,6429	-0,4418	1,5555

meningkatkan laju reaksi, karena suhu dapat meningkatkan tumbukan antar molekul yaitu CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Hal ini sesuai dengan Hukum Arrhenius yang menyatakan bahwa konstanta laju reaksi akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu.

Untuk pengaruh jumlah sel dapat dilihat bahwa semakin sedikit jumlah sel maka semakin tinggi nilai konstanta laju reaksinya. Hal ini disebabkan oleh perilaku dari mikroalga itu sendiri. Dimana mikroalga memiliki rentang suhu untuk kehidupannya. Semakin tinggi suhu, maka kondisi mikroalga tersebut dapat menurun. Sehingga banyak sel mikroalga yang mati dan jumlah selnya menurun. Namun ada juga beberapa mikroalga yang masih hidup, sehingga mikroalga yang masih hidup tersebut masih bisa menyerap

gas CO<sub>2</sub>. Nilai konstanta tertinggi pada konsentrasi 9% dan suhu 35°C dengan nilai konstanta 0,152.

Pada kinetika reaksi, terdapat hukum Arrhenius yang menyatakan bahwa, meningkatnya suhu dapat mempengaruhi laju reaksi (Pers. 3). Pada penelitian ini nilai antara  $\ln k_A$  dengan  $1/T$  tidak dapat dibandingkan walaupun dilakukan pada konsentrasi CO<sub>2</sub> yang sama besar. Hal ini dikarenakan, jumlah sel mikroalga untuk setiap suhu reaksi sangat jauh berbeda. Seharusnya jumlah sel mikroalga harus sama, dengan variasi suhu reaksi. Oleh karena itu nilai  $E_a$  belum dapat ditentukan. Untuk itu hasil penelitian ini masih merupakan kajian awal yang menentukan konstanta laju reaksi pada kondisi perlakuan penelitian ini.



Gambar 5. Grafik hubungan konsentrasi CO<sub>2</sub> dengan waktu untuk orde 0 (a) orde 1 (b) dan orde 2 (c) pada suhu 30°C dan bukaan 9%

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Kajian awal order reaksi fotosintesis terhadap CO<sub>2</sub> menggunakan mikroalga *Tetraselmis chuii* masih harus disempurnakan. Order reaksi disimpulkan order nol.
- Peningkatan suhu menyebabkan konstanta laju reaksi meningkat, namun suhu yang tinggi dapat menyebabkan menurunnya jumlah sel mikroalga (katalis).

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan disarankan agar jumlah sel dijaga konstan untuk meneliti pengaruh suhu sehingga nilai  $k$  dapat digunakan untuk penentuan energi aktivasi, dan order reaksi.

### Daftar Pustaka

- Agustina, D., 2010. Pengaruh Intensitas Cahaya dan Periode Penggantian Mikroalga *Nannochloropsis oculata* Terhadap Penyerapan CO<sub>2</sub>, Laporan Hasil Penelitian, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Coryda, E., 2011. Pengaruh Volume dan Periode Penggantian Mikroalga Terhadap Penyerapan Gas CO<sub>2</sub> Menggunakan *Nannochloropsis oculata* Dalam Bubble Fotobioreaktor, Laporan Hasil Penelitian, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Dogra, S. K., 1984. Kimia Fisik dan Soal-Soal. Erlangga. Jakarta.
- Febrian, I., 2011. Penentuan Jumlah Biomassa Optimum pada Mikroalga *Nannochloropsis oculata* dengan Variasi Konsentrasi CO<sub>2</sub> Umpan dan Tipe Fotobioreaktor, Laporan Hasil Penelitian, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Fogler, H. S. 1999. Elements of Chemical Reaction Engineering. Prentice-Hall International. USA
- Hernadi, E., 2009. Penurunan Emisi CO<sub>2</sub> Menggunakan Alga *Nannochloropsis oculata* dan Produksi Minyak Alga, Laporan Hasil Penelitian, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Jacob-Lopes, Scoparo dan Franco, 2007. Rates of CO<sub>2</sub> Removal by *Aphanothece Microscopic Nageli* in Tubular Photobioreactor. Biochemical Engineering Laboratory University Estadual de Campinas, Brazil. Dalam
- Mulyawan, I. M., 2011. Penentuan Jumlah Biomassa Optimum pada Mikroalga *Tetraselmis Chuii* dengan Variasi Konsentrasi CO<sub>2</sub> Umpan dan Tipe Fotobioreaktor, Laporan Hasil Penelitian, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Purba, E. and Taharuddin, 2010. CO<sub>2</sub> Reduction and Production of Algal Oil Using Microalgae *Nannochloropsis oculata* and *Tetraselmis chuii*, Proceeding of 13th Conference of Process Integration, Modelling and optimization for Energy Saving and Pollution Reduction, Chemical Engineering Transaction, Vol. 21, Czech Republic, Prague, Europe.
- Ramasari, A., 2011. Pengaruh Volume dan Periode Penggantian Mikroalga Terhadap Penyerapan Gas CO<sub>2</sub> Menggunakan *Tetraselmis chuii* Dalam Bubble Fotobioreaktor, Laporan Hasil Penelitian, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

- Setiawan, A., Kardono, Darmawan, R, A., Santoso, A. D., Stani, A, H., Prasetyadi, Panggabean, L., Radini, D., Sapulete, S. 2008. Teknologi Penyerapan Karbondioksida dengan Kultur Fitoplankton pada Fotobioreaktor. ITB, Bandung.
- Sufriadi dan Purba, 2010. Pengaruh intensitas Cahaya dan Periode Penggantian Mikroalga Terhadap Penyerapan Gas CO<sub>2</sub> Menggunakan *Nannochloropsis oculata* dalam Bubble Fotobioreaktor, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi III, Universitas Lampung.
- Subiyantoro, 2011. Pengaruh Konsentrasi CO<sub>2</sub> Input dan Salinitas Media Kultur Terhadap Penyerapan Gas CO<sub>2</sub> pada Mikroalga *Tetraselmis chuii*, Laporan Hasil Penelitian, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Wahyuningsih, W., 2011. Pengaruh Konsentrasi CO<sub>2</sub> Input dan Salinitas Media Kultur Terhadap Penyerapan Gas CO<sub>2</sub> pada *Nannochloropsis oculata*, Laporan Hasil Penelitian, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.