

EFEK LAJU KARBONDIOKSIDA (CO₂) TERHADAP MORFOLOGI DAN LAJU PERTUMBUHAN POPULASI *Spirulina platensis* (Gomont)

(The Effect of Carbon Dioxide (CO₂) Rate to The Morphology and The Growth Rate of Spirulina platensis (Gomont) Population)

Lutfi Anggadhanian¹ & Andhika Puspito Nugroho²

¹Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan Bukan Kayu
Badan Litbang dan Inovasi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
Jl. Darma Bakti No 7 Ds. Langko Kecamatan Lingsar, Kabupaten Lombok Barat

²Jurusan Biologi, Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada
Jl. Agro No. 1, Bulaksumur, Universitas Gadjah Mada, Sleman, DIY 55281
Email : anggadhanian.lutfi@gmail.com

ABSTRACT

Carbon dioxide (CO₂) pollution occurs due to the increasing of fossil fuels usage for industry and transportation. Due to the deforestation, the absorption of CO₂ by plants is reduced, resulting the increasing of CO₂ absorption by the sea. The absorption of CO₂ by the sea will lead the changes in its chemical properties and affects the marine ecosystems. *Spirulina platensis* is a cosmopolitan organism in the sea that can use inorganic carbon absorbed by the sea. This research aimed to investigate the effect of CO₂ rate on the morphology and the growth rate population of *Spirulina platensis*. The research method was a complete randomized design with three treatments in triplicate. The treatment period started in the exponential phase with the rate of CO₂ at 0.1 lpm, 0.2 lpm, and 0.4 lpm. The results showed that the given CO₂ could be used by *S. platensis* to stimulate the growth but it would shorten the growth kinetics. This is also reflected in the results of the statistical analysis that there is no significant difference ($p > 0,05$). Morphologically, the *S. platensis* response to the administration of CO₂ indicates the occurrence of cell fragmentation and lysis.

Keywords : carbon dioxide, *Spirulina*, growth rate, morphology

ABSTRAK

Pencemaran karbondioksida terjadi karena peningkatan penggunaan bahan bakar fosil untuk industri dan transportasi. Akibat terjadinya deforestasi, penyerapan karbondioksida oleh tumbuhan terrestrial berkurang, sehingga terjadi peningkatan penyerapan karbondioksida oleh laut. Penyerapan karbondioksida oleh laut akan menyebabkan perubahan sifat kimia laut yang berdampak pada ekosistem laut. *Spirulina platensis* sebagai organisme kosmopolitan yang terdapat di laut dapat menggunakan karbon anorganik yang terserap dalam laut. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari efek laju karbondioksida terhadap morfologi dan laju pertumbuhan populasi *Spirulina platensis*. Metode penelitian ini adalah rancangan acak lengkap dengan tiga perlakuan dan tiga ulangan. Masa perlakuan dimulai pada fase eksponensial dengan laju karbondioksida 0,1 lpm, 0,2 lpm, dan 0,4 lpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbondioksida yang diberikan mampu digunakan oleh *S. platensis* untuk meningkatkan pertumbuhan tetapi juga akan memperpendek kinetika pertumbuhan. Hal ini juga tercermin pada hasil analisis statistiknya yang tidak ada beda nyata ($p > 0,005$). Secara morfologi, respon *S. platensis* terhadap pemberian karbondioksida menunjukkan terjadinya fragmentasi dan lisis sel.

Kata kunci : karbondioksida, *Spirulina*, laju pertumbuhan, morfologi

I. PENDAHULUAN

Karbon dioksida menjadi perhatian karena perannya sebagai gas rumah kaca. Gas ini mampu menyerap radiasi inframerah dan memiliki kontribusi terhadap terjadinya efek rumah kaca dan pemanasan global (Moreira, D. & Pries, J.C.M., 2016). Berdasarkan penelitian Sharma (2011), emisi karbon dioksida berasal dari konsumsi energi yang meningkat melalui pembakaran bahan bakar fosil untuk tenaga listrik dan transportasi.

Dewasa ini peningkatan penggunaan bahan bakar fosil dan pembukaan lahan sangat berpengaruh terhadap peningkatan emisi karbon dioksida antropogenik di atmosfer. Menurut sejarahnya, peningkatan karbon dioksida telah terjadi sejak tahun 1800 dan diperkirakan sebesar 280 ppm (Houghton *et al.* 2001) dan menjadi 401,72 ppm pada juli 2016 (NOAA, 2016). Peningkatan yang semakin cepat dari tahun ke tahun ini akan menimbulkan terjadinya polusi, karena lingkungan hanya mampu menyerap polutan dalam jumlah yang sangat terbatas. Beberapa produk dan bahan kimia berbahaya atau beracun disebut sebagai polutan yang berbahaya karena memiliki sifat toksik dan lingkungan tidak mampu mengasimilasinya (Shen, 1995).

Akibat meningkatnya karbon dioksida selama masa revolusi industri sampai sekarang menyebabkan terjadinya peningkatan penyerapan karbon dioksida di alam dan menurunkan pelepasan gas tersebut dari lingkungan. Dalam kasus yang terjadi di laut, karbon dioksida yang diemisikan akan terlarut ke dalam air laut dan tercampur ke dasar laut atau diserap oleh ekosistem terestrial (Lestari, 2016). Akibat terjadinya deforestasi maka sebagian besar karbon akan terserap ke dalam air laut. Hasil penelitian Houghton *et al.* (2001) menyebutkan bahwa total karbon yang terserap di laut itu 50 kali lebih besar daripada jumlah yang ada di atmosfer. Oleh karena itu laut merupakan tempat pembuangan karbon dioksida antropogenik yang besar. Penyerapan karbon dioksida antropogenik oleh laut akan mengubah sifat kimia laut dan akan

memberikan dampak pada sistem biologi di permukaan laut (Anonim, 2005).

Organisme fotosintetik di ekosistem laut mampu mengambil karbon anorganik dari medium cair di sekitarnya dengan menggunakan *CO₂ concentrating mechanism* (CCM) (Muranaka & Murakami, 2001). Oleh karena itu, organisme tersebut mempunyai potensi untuk mengatasi masalah peningkatan emisi karbon dioksida dengan mengubahnya menjadi biomassa dan komponen potensial penting lainnya, sehingga laju fiksasi *CO₂* organisme fotosintetik tersebut lebih tinggi dibandingkan tanaman darat (Muranaka & Murakami, 2001).

Spirulina merupakan organisme laut yang bersifat kosmopolitan yang terdapat di laut dan air payau (Campanella *et al.* 1998). *Spirulina* tumbuh baik dalam lingkungan cair atau medium kultur dengan pH tinggi dan membentuk populasi yang lebih besar dalam badan air di daerah tropik dan sub tropik yang dicirikan dengan tingginya karbonat dan bikarbonat (Rafiqul *et al.* 2005). Masalah yang terjadi adalah dengan meningkatnya laju konsentrasi karbon dioksida akan mempengaruhi sifat kimia laut yang pada akhirnya akan mempengaruhi populasi serta kelimpahan *Spirulina platensis*. Salah satu parameter yang digunakan sebagai petunjuk efek peningkatan karbon dioksida adalah laju pertumbuhan dari *S. platensis* tersebut. Belum ada data yang mempelajari efek laju karbon dioksida terhadap morfologi dan laju pertumbuhan *Spirulina platensis*. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mempelajari efek laju karbon dioksida (*CO₂*) terhadap perubahan morfologi dan laju pertumbuhan *Spirulina platensis*.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Isolat *Spirulina platensis* yang dipergunakan dalam penelitian ini merupakan strain koleksi Balai Besar Budidaya Air Payau, Jepara, Jawa Tengah. Kultur mikroalga tersebut

dipelihara dalam medium Zarrouk sebagai medium pertumbuhannya. Sebagai pengukur CO₂ digunakan indikator phenolphtalein dan NaOH. Sebagai bahan untuk fiksasi digunakan formalin 4%. Selama penelitian ini berlangsung, isolat *S. platensis* diaklimatisasi di dalam laboratorium selama dua minggu dalam medium Zarrouk. Kondisi lingkungan pertumbuhan diatur dengan menggunakan temperatur 20°C dan di bawah penyinaran lampu TL40 w.

B. Metode

Kultur Spirulina

Isolat *S. platensis* yang telah diaklimatisasi dipindahkan ke dalam Erlenmeyer 500 ml yang berisi 450 ml medium Zarrouk dan ditambahkan 50 ml inokulum. Kultur kemudian disimpan dalam ruang inkubasi dengan temperatur 20°C. Secara teratur kultur *S. pirulina* tersebut dipupuk dan disimpan dalam ruang inkubasi sebagai kultur stok, sehingga diperoleh kultur yang baik dan siap digunakan sebagai starter dalam sub kultur.

Analisa fase pertumbuhan

Kultur ditempatkan dalam inkubator (IKEDA RIKA NL – 50 RS) yang sudah diatur kondisinya yaitu temperatur 33±2°C, pH 8-9, dan salinitas 20‰. Pertumbuhan mikroalga diukur setiap 24 jam selama 2 minggu. Pengukuran fase pertumbuhan dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer pada 560 nm.

Perlakuan

Desain penelitian merupakan rancangan acak lengkap, yang terdiri atas kontrol dan 3 laju karbondioksida, masing-masing dengan 3 ulangan. Perlakuan ini dilaksanakan dalam dua tahap. Pertama uji pendahuluan yaitu kultur diinkubasikan dalam inkubator selama 4 hari dan pada hari keempat diaerasikan dengan karbondioksida 0,2 lpm, 0,4 lpm, 0,8 lpm. Sampel diambil tiap 6 jam dan ditambahkan dengan formalin 4%.

Pengukuran pertumbuhan sel dilakukan dengan spektrofotometer (JENWAY 6100)

pada 560 nm. Kedua, uji yang sebenarnya yaitu kultur ditempatkan dalam Erlenmeyer dengan komposisi yang sama pada uji pendahuluan dan perlakuan yang hampir sama tetapi dengan aerasi karbondioksida sebanyak 0,1 lpm, 0,2 lpm, dan 0,4 lpm. Pertumbuhan diukur setiap 24 jam dengan spektrofotometer (JENWAY 6100) 560 nm. Kontrol merupakan kultur *S. platensis* dalam medium Zarrouk dengan aerasi oksigen.

Pengukuran parameter lingkungan

Parameter DO diukur dengan menggunakan DO meter (LUTRON DO.5508). Parameter CO₂ diukur dengan menggunakan indikator phenolphtalein 3 tetes dan dititrasi dengan menggunakan NaOH hingga warna berubah menjadi merah muda. Volume titran kemudian dikalikan 0,625 dan hasil perkalian merupakan kadar karbondioksida dalam medium sebagai ppm. Pengukuran pH dilakukan dengan pH meter (HANNA).

Analisa data

Hasil perhitungan jumlah sel setiap perlakuan kemudian dianalisis laju pertumbuhannya dengan rumus :

$$k = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- k* = laju pertumbuhan
- X₂* = nilai OD pada waktu *t₂*
- X₁* = nilai OD pada waktu *t₁*

Waktu generasi dengan rumus :

$$g = \frac{1}{k} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- g* = waktu generasi
- k* = laju pertumbuhan

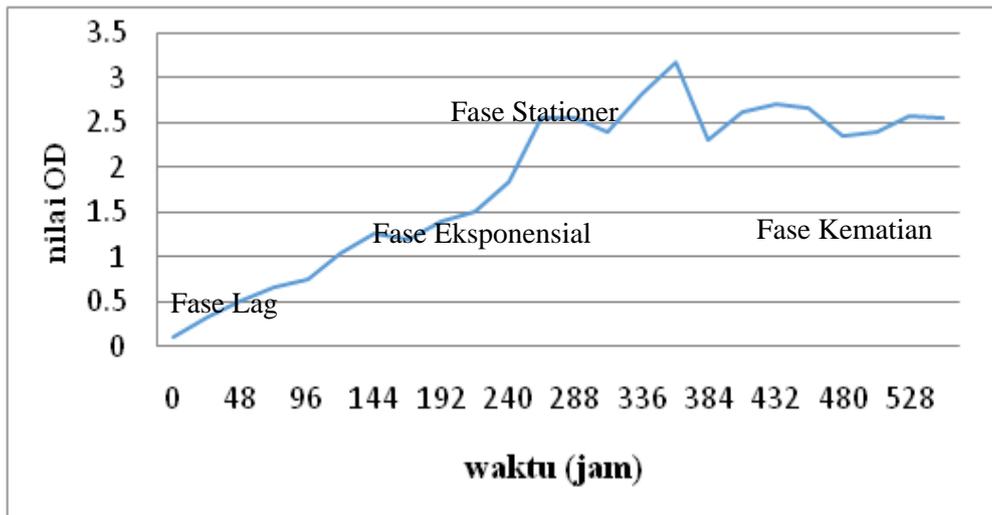
Setelah memperoleh data laju pertumbuhan, dilakukan analisis variasi antar perlakuan untuk mempelajari pengaruh perlakuan terhadap laju pertumbuhan *S. platensis*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pertumbuhan *Spirulina platensis*

Hasil perekaman pertumbuhan *S. platensis* dalam medium Zarrouk menunjukkan ada empat fase pertumbuhan. Masing-masing meliputi fase lag yang

berlangsung selama 96 jam, fase eksponensial berlangsung dalam 264 jam, fase stationer kurang dapat dideteksi karena fase ini berlangsung dalam waktu yang relatif singkat, dan yang terakhir fase kematian yang berlangsung 192 jam seperti yang ditunjukkan pada grafik kurva pertumbuhan (Gambar 1).



Gambar 1. Kurva pertumbuhan *Spirulina platensis* dalam medium Zarrouk
Figure 1. The growth curve of *Spirulina platensis* in Zarrouk medium

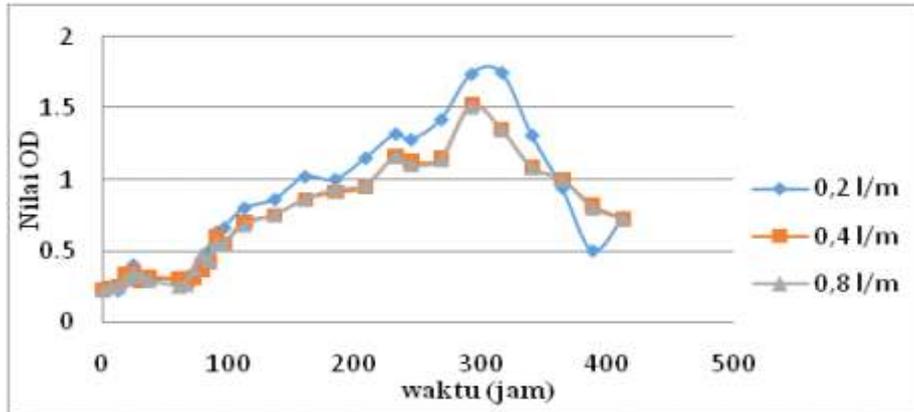
Hasil analisis kurva pertumbuhan tersebut digunakan untuk menentukan waktu perlakuan pemberian karbondioksida dapat dilakukan yaitu pada fase eksponensialnya. Dimana pada fase pertumbuhan tersebut terjadi pertumbuhan yang maksimal dan sel berada dalam kondisi yang sangat viable. Dari data grafik kurva tersebut ditentukan bahwa fase eksponensialnya terjadi pada hari ke empat. Sehingga pada waktu tersebut mulai diberikan perlakuan pemberian karbondioksida dalam kultur *S. platensis*.

B. Efek karbondioksida terhadap laju pertumbuhan *Spirulina platensis*

Penelitian ini dilakukan meliputi dua tahap pengujian yaitu uji pendahuluan dan uji sebenarnya. Hasil uji pendahuluan menunjukkan bahwa *S. platensis* mampu

menggunakan karbondioksida yang diberikan ke dalam medium kultur yang ditunjukkan dengan adanya pertumbuhan seperti yang terlihat pada Gambar 2.

Laju karbondioksida yang diberikan pada uji pendahuluan adalah 0,2 lpm, 0,4 lpm, dan 0,8 lpm. Kurva pertumbuhan tersebut menunjukkan bahwa dengan perlakuan 0,4 lpm dan 0,8 lpm terjadi pertumbuhan yang relatif sama (ditunjukkan dengan grafik yang berhimpitan) dan dikatakan bahwa laju karbondioksida tersebut memberi efek yang sama terhadap pertumbuhan *S. platensis*. Sedangkan pada perlakuan 0,2 lpm karbondioksida memberi efek yang relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan kedua perlakuan. Dengan demikian perlakuan karbondioksida yang digunakan pada uji sebenarnya adalah 0,1 lpm, 0,2 lpm dan 0,4 lpm.

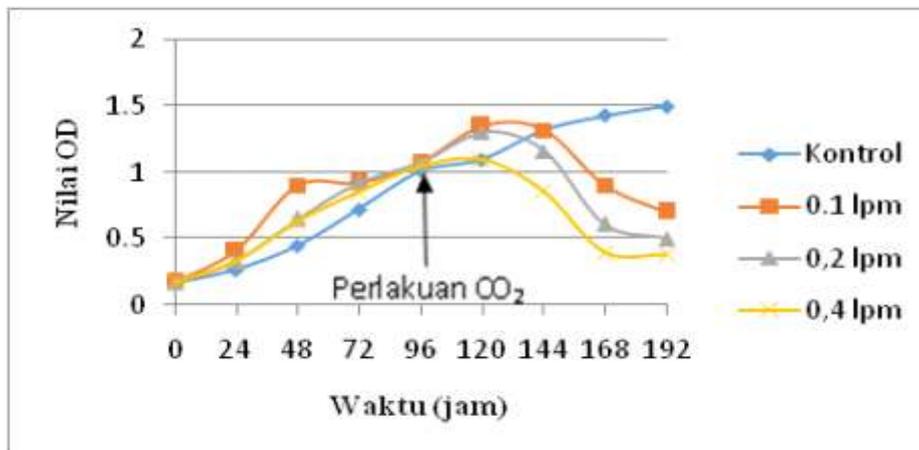


Gambar 2. Pertumbuhan *S. platensis* dalam medium Zarrouk dengan perlakuan karbondioksida pada uji pendahuluan

Figure 2. Growth of *S. platensis* in Zarrouk medium by carbondioxide treatment in preliminary test

Pada uji sebenarnya ini menunjukkan bahwa pada awal perlakuan, karbondioksida yang diberikan mampu menstimulasi pertumbuhan *S. platensis*. Muranaka &

Murakami (2001) mengatakan bahwa karbondioksida yang terabsorpsi akan digunakan sebagai sumber karbon dan sebagai substrat pada proses fotosintesis.

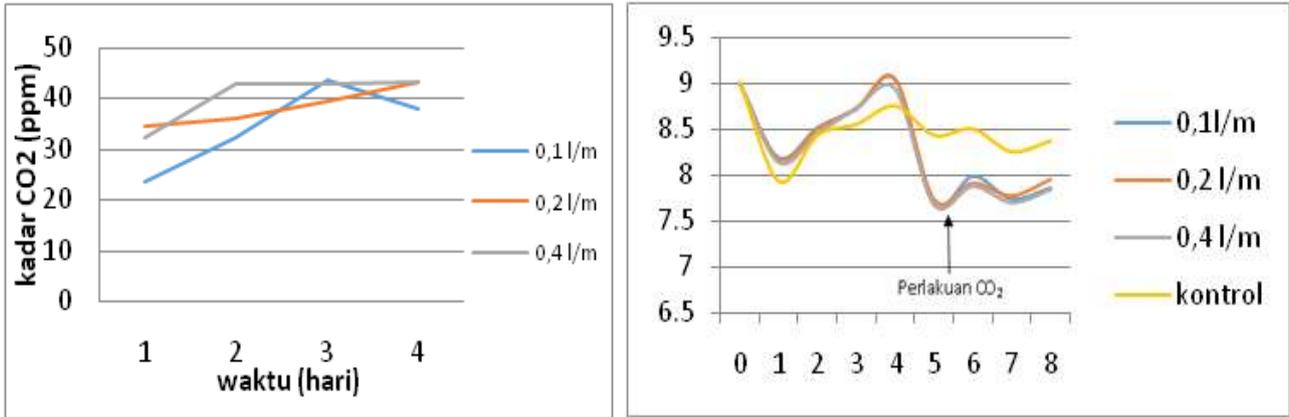


Gambar 3. Pertumbuhan *S. platensis* dalam medium Zarrouk dengan perlakuan karbondioksida pada uji pendahuluan

Figure 3. Growth of *S. platensis* in Zarrouk medium by carbondioxide treatment in preliminary test medium

Seiring waktu pemberian perlakuan karbondioksida kurva pertumbuhan menunjukkan terjadi penurunan pertumbuhan yang diakibatkan besarnya karbondioksida yang terakumulasi dalam medium. Akumulasi karbondioksida tersebut menyebabkan

turunnya nilai pH medium seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4 dan 5. *S. pirulina* merupakan organisme yang umumnya bersifat euryhaline dan fotoautotrop obligat (Castenholz *et al.* 2001) sehingga *S. pirulina* hanya mampu hidup pada kondisi pH basa.

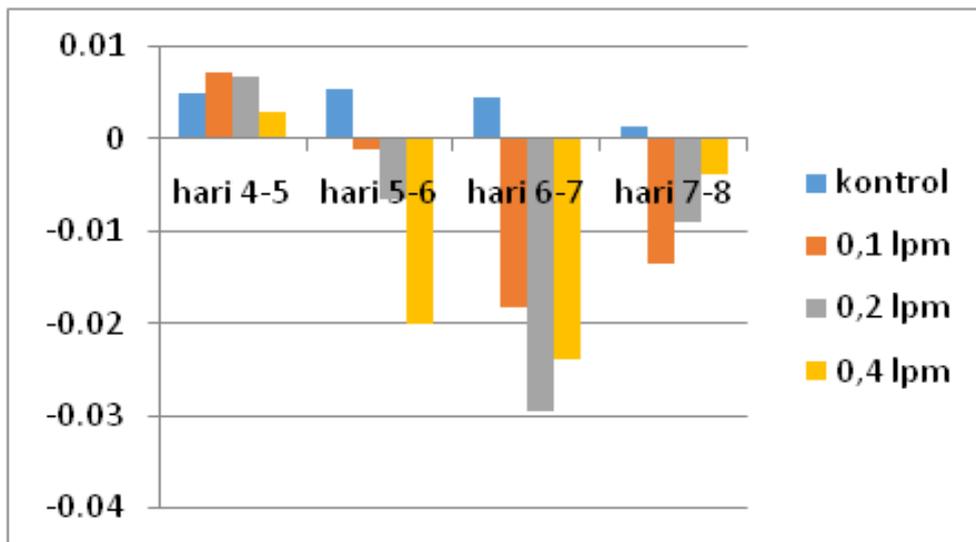


Gambar 4. Grafik kadar karbondioksida dan nilai pH pada medium kultur pada tiap perlakuan

Figure 4. Graph carbon dioxide levels and pH values in the culture medium in each treatment

Jika dibandingkan pada kontrol, perlakuan karbondioksida ternyata memberikan efek toksik pada pertumbuhan *S.*

platensis yang ditunjukkan dengan penurunan pertumbuhan. Efek ini juga dapat dilihat pada laju pertumbuhan *S. platensis* (Gambar 6).



Gambar 5. Laju pertumbuhan *S. platensis* pada perlakuan karbondioksida

Figure 5. The growth rate of *S. platensis* in the treatment of carbon dioxide

Efek laju pertumbuhan *S. platensis* juga menunjukkan pola yang sama dengan efek yang ditunjukkan pada kurva pertumbuhannya, yaitu terjadi peningkatan laju pertumbuhan

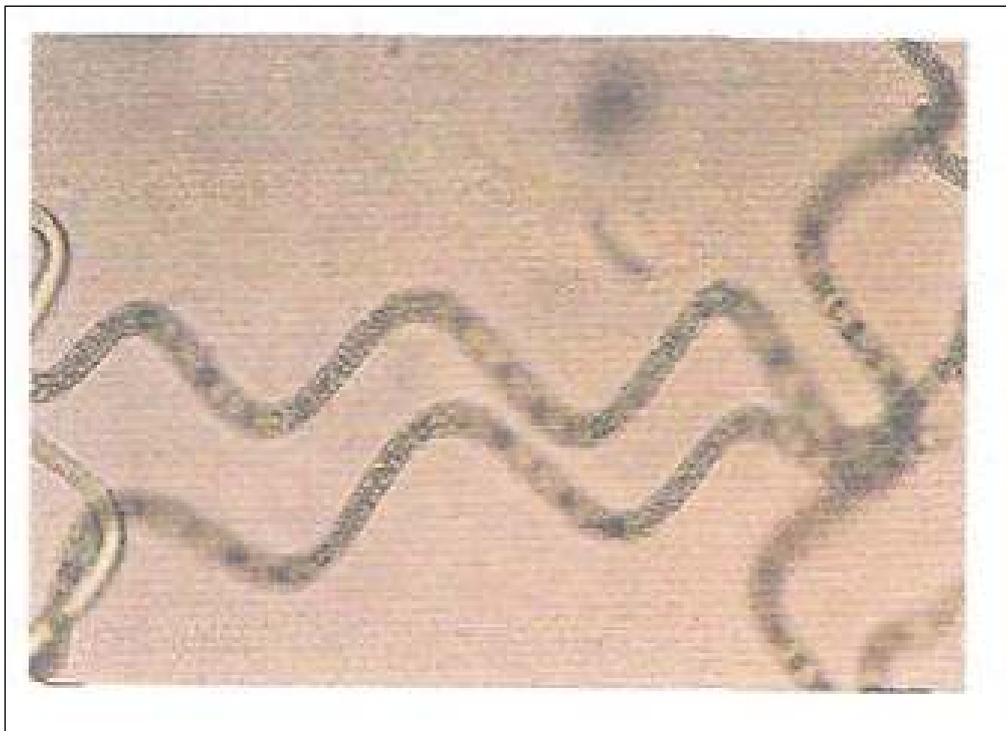
pada awal perlakuan dan terjadi penurunan seiring dengan lamanya waktu pemberian karbondioksida.

Penurunan laju pertumbuhan dengan perlakuan karbondioksida secara drastis ditunjukkan pada perlakuan 0,4 lpm. Penurunan tersebut disebabkan oleh kadar karbondioksida dalam medium lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa karbondioksida akan menyebabkan terjadinya penurunan pH medium menjadi asam yang tidak mampu ditoleransi oleh *S. platensis*. Sifat asam ini terjadi karena adanya pelepasan hydrogen dari bentuk bikarbonat. Nakano *et al.* (2001) mengemukakan bahwa kandungan

karbondioksida yang tinggi dalam medium menyebabkan terjadinya efek toksik yang berupa hambatan dalam proses fotosintesis mikroalga.

C. Efek karbondioksida terhadap morfologi *S. platensis*

Efek karbondioksida ini juga mempengaruhi morfologi sel *S. platensis* yaitu setelah 24 jam perlakuan karbondioksida memperlihatkan terjadinya lisis dan fragmentasi seperti terlihat pada Gambar 8 dan 9.

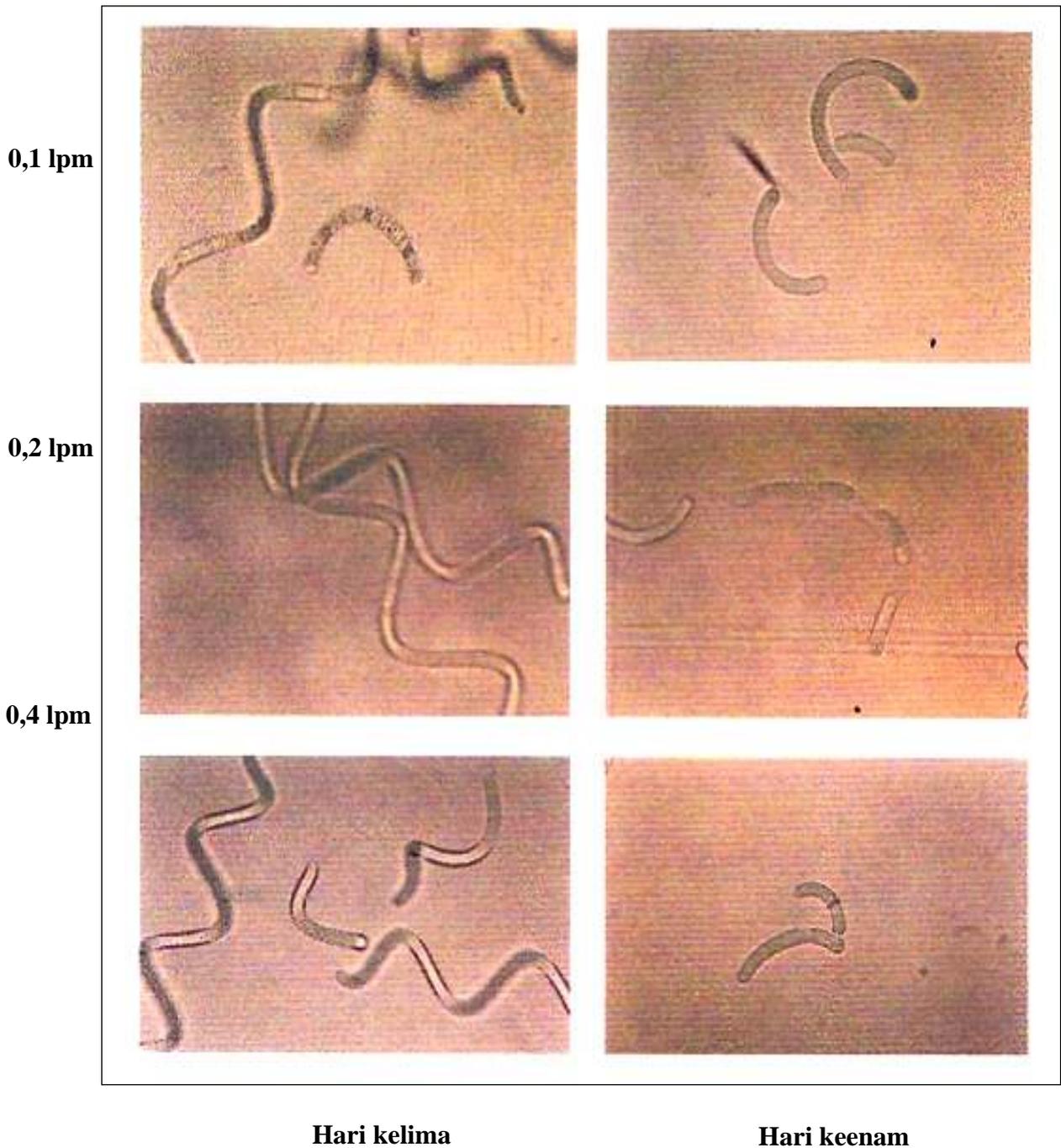


Gambar 6. Morfologi *S. platensis* pada control hari kedelapan dengan perbesaran 400x
Figure 6. Morphology of S. platensis on eighth day control with 400x magnification

C. Efek karbondioksida terhadap morfologi *S. platensis*

Pada mulanya sel berbentuk spiral dengan warna hijau yang cerah dengan sel yang relatif panjang. Setelah hari kelima dan keenam yaitu setelah diberikan perlakuan karbondioksida sel *S. platensis* masih relatif cukup panjang dengan beberapa patahan atau

fragmentasi. Pada hari kelima ini sel masih relatif utuh walaupun ada sedikit sel yang terfragmentasi. Fragmentasi pada tahap ini adalah awal dari pertumbuhan mengingat *S. platensis* merupakan sel tunggal yang mereproduksi dengan membelah diri. Hal ini juga didukung dengan meningkatnya laju pertumbuhan *S. platensis* (Gambar 6).

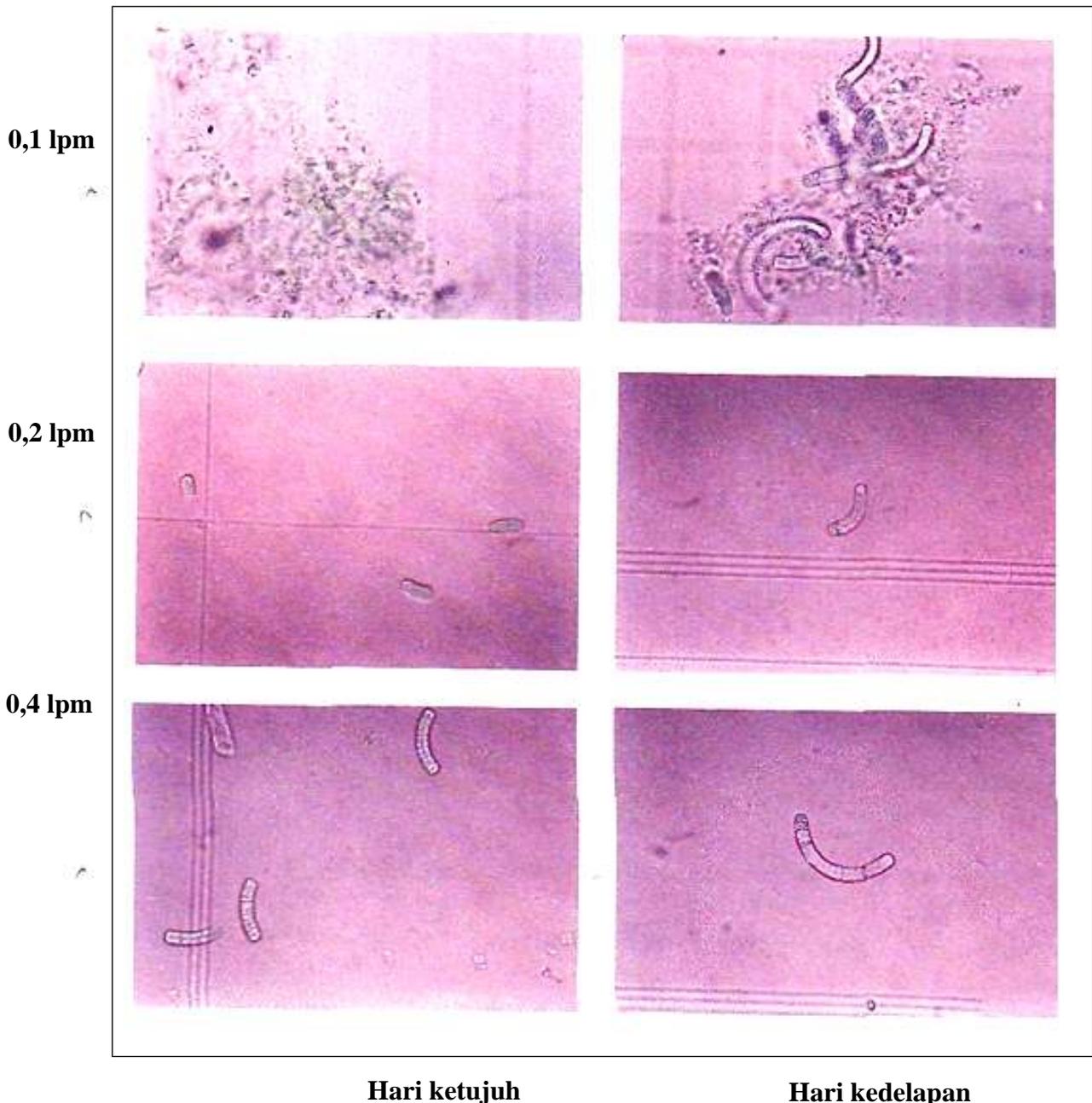


Gambar 7. Morfologi *S. platensis* setelah perlakuan karbondioksida hari kelima dan keenam dengan perbesaran 400x

Figure 7. Morphology of *S. platensis* after the fifth and sixth day of carbon dioxide treatment with 400x magnification

Pada hari keenam jumlah sel yang mengalami fragmentasi relatif semakin banyak. Dengan demikian secara morfologi sudah memperlihatkan efek kerusakan pada sel

dan ada beberapa sel yang terdapat bentukan berupa cincin yang merupakan awal terjadinya fragmentasi.



Gambar 7. Morfologi *S. platensis* setelah perlakuan karbondioksida hari ketujuh dan kedelapan dengan perbesaran 400x

Figure 7. Morphology of *S. platensis* after the seventh and eighth day of carbon dioxide treatment with 400x magnification

Pada hari ketujuh dan kedelapan fragmentasi yang terjadi semakin pendek dan telah terjadi lisis sel sehingga klorofil telah keluar dari sel. Bentuk cincin pada sel semakin banyak terbentuk, sekat-sekat sel semakin jelas dan warnanya telah memudar

karena keluarnya klorofil yang ditunjukkan dengan tersebarnya butir-butir klorofil di sekeliling sel. Fragmentasi dan lisis sel menunjukkan sel telah memasuki fase kematian.

IV. KESIMPULAN

Efek peningkatan laju karbondioksida pada kultur *S. platensis* dapat menstimulasi pertumbuhan pada awal perlakuan dan mengalami penurunan pada akhir perlakuan yang ditunjukkan dengan parameter laju pertumbuhan. Walaupun berdasarkan hasil analisis statistiknya tidak ada beda nyata ($p > 0,005$). Efek laju karbondioksida pada morfologi sel *S. platensis* menunjukkan terjadinya kerusakan berupa fragmentasi dan lisis sel.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2005). *The ocean and the carbon cycle*. (<http://science.hg.nasa.gov/index.html>).
- Campanella, L., G.Cresentini, P. Avino, and A. Moauro. (1998). *Determination of microminerals and trace elements in the alga Spirulina platensis*. Analisis, 26. pp: 210-214.
- Castenholz, R.W, R.Rippka, M. Herdman, and A. Wilmotte. (2001). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology : The Archaea and The Deeply Branching and Phototrophic bacteria*. (Ed G.M. Garrity). Springer-Verlag. New York. pp: 542-543.
- Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. Van der Linden, X. Dai, L. Maskell, and C.A. Johnson. (2001). *Climate Change 2001 : the scientific basis*. Cambridge University Press, Cambridges. p: 881.
- Moreira, D. and Pires, J.C.M.(2016). *Atmospheric CO₂ capture by algae: Negative carbon dioxide emission path*. Bioresource Technology 215. pp 371-379.
- Muranaka, T and M. Murakami. (2001). *CO₂ fixation by high temperature high CO₂ tolerant Chlorella sp*. In : *Photosynthetic microorganism in environmental biotechnology*. Editor K. Hiroyuki, and L.Y. Kun. 200. Spinger verlag. Hongkong. p: 291-307.
- Nakano, Y., T. Matsumoto, H. Inui, K. Haranoh, K. Miyatake, T. Enomoto, M. Hayashi, T. Nakatsuka, and F. Watanabe. (2001). *Growth of Photosynthetic algae, euglena gracilis, under High CO₂ and its photosynthetic Characteristics*. In *Photosynthetic microorganism in environment biotechnology*. H. kojima and Y.K. Lee (Eds). Springer-verlag, ltd. USA. pp: 97-109.
- NOAA. (2016, Juli). *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide*. Earth System Research Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration. USA. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>.
- Rafiqul, I.M., K.C.A. Jalal and M.Z. Alam. (2005). *Environmental factors for optimization of Spirulina biomass in laboratory culture*. Biotechnology 4(1) : 19-20.
- Sharma, S.S. (2011). *Determinants of carbon dioxide emissions: Empirical evidence from 69 countries*. Applied Energy 88. pp: 376-382.
- Shen, T.T. (1995). *Industrial pollution prevention*. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg. Germany. pp: 1-3.