



Pengaruh Perbedaan Periode Aerasi Karbondioksida terhadap Laju Pertumbuhan dan Kadar Total Lipid pada Kultur *Nannochloropsis oculata*

Puji Norbawa^{*)}, Ervia Yudiati, Widianingsih

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Kampus Tembalang, Semarang 50275 Telp/Fax. 024-7474698
email : annurbawa@gmail.com

Abstrak

N. oculata biasa digunakan sebagai pakan alami dalam bidang budidaya. Selain digunakan sebagai pakan, *N. oculata* berpotensi sebagai sumber energi alternatif karena mempunyai kandungan lipid yang besar. Mikroalga dapat memanfaatkan CO₂ pada proses fotosintesis sehingga bisa digunakan sebagai degradator karbondioksida. Pemberian aerasi karbondioksida diharapkan dapat meningkatkan laju pertumbuhan *N. oculata* serta produksi total lipid yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan periode aerasi karbondioksida pada kultur *N. oculata* terhadap laju pertumbuhan dan produksi total lipid yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan periode aerasi karbondioksida berpengaruh dengan beda nyata ($P < 0,05$) terhadap laju pertumbuhan rata-rata dan produksi total lipid. Perlakuan aerasi CO₂ selama 3 menit mempunyai laju pertumbuhan rata-rata paling tinggi yaitu 0,574 doubling/hari. Sementara laju pertumbuhan rata-rata pada perlakuan aerasi selama 4 menit hampir sama dengan kontrol yang masing-masing mempunyai laju pertumbuhan 0,484 doubling/hari dan 0,462 doubling/hari. Presentase produksi kadar total lipid terbesar dihasilkan pada perlakuan dengan aerasi karbondioksida selama 4 menit sebesar 80,58%. Kemudian dilanjutkan dengan perlakuan aerasi karbondioksida selama 1 menit, 2 menit dan kontrol masing-masing menghasilkan lipid sebesar 65,98 %-dw; 65,77%-dw dan 64,98%-dw. Sedangkan pemberian aerasi karbondioksida selama 3 menit mempunyai nilai terkecil yaitu sebesar 39,72%-dw. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pemberian aerasi karbondioksida selama 3 menit dapat meningkatkan laju pertumbuhan rata-rata *N. oculata*. Namun peningkatan laju pertumbuhan tersebut tidak disertai dengan peningkatan produksi total lipid.

Kata kunci : *Nannochloropsis oculata*; karbondioksida; laju pertumbuhan; total lipid

Abstract

N. oculata is commonly used as a natural food in larviculture. Due to the fact on its highly lipid content, *N. oculata* is recently becoming one of a good candidate for a source of alternative energy. Microalgae utilizes CO₂ during photosynthesis. This fact will lead and used this microalgae as a carbondioxide degradator. Providing of carbon dioxide aeration is expected to increase the rate of growth of *N. oculata* as well as total lipid production. This research aimed to determine the effect of different periods on carbondioxide aeration on the growth rate and total lipid production in *N. oculata* culture. The results showed that different time on carbondioxide aeration was significantly different ($P < 0.05$) on the average growth rate as well as total lipid production. Carbondioxide aeration treatment for 3 minutes have the highest average growth rate which is 0,574 doubling/ day. While the average growth rate at treatment aeration for 4 minutes almost equal to the control i.e. 0,484 doubling/ day and 0,462 doubling/ day. The highest percentage of total lipid production has reached in 4 minutes carbondioxide aeration treatment (80.58%-dw). Furthermore, the lipid production on 1 minute, 2 minutes aeration time and control were 65.98%-dw, 65.77%-dw and 64.98%-dw, respectively. The treatment with carbondioxide aeration for 3 min was the lowest (39.72%-dw). Based on these results it can be concluded that carbondioxide aeration for 3 minutes increased the growth rate of *N. oculata*. However, the increment on growth rate were not accompanied with the increment on total lipid production.

Keywords : *Nannochloropsis oculata*; carbondioxide; growth rate; total lipid

^{*)} Penulis penanggung jawab



Pendahuluan

Mikroalga merupakan mikroorganisme prokariotik atau eukariotik yang dapat berfotosintesis dan dapat tumbuh cepat pada kondisi yang sulit (Mata *et al.*, 2010). Semua jenis mikroalga memiliki komposisi kimia sel yang terdiri dari protein, asam nukleat, karbohidrat dan lipid. Mikroalga juga mengandung bahan-bahan organik seperti polisakarida, hormon, vitamin, mineral dan juga senyawa metabolit sekunder (Richmond, 2003). Mikroalga sudah lama dikenal sebagai sumber protein dalam budidaya larva udang ataupun ikan (Ikhsan *et al.*, 2006) dan sebagai suplemen makanan bagi manusia (Andersen, 1995). Pemanfaatan mikroalga dalam bidang farmakologi meliputi antibakteri, antioksidan, antijamur, dan antivirus (Chang *et al.*, 1993).

Selain hal tersebut, mikroalga juga berpotensi sebagai sumber energi terbarukan (Chisti, 2007). Namun kenyataannya, hingga saat ini pemanfaatan mikroalga terutama dalam kaitannya sebagai sumber energi masih belum maksimal. Karbondioksida merupakan faktor pembatas dalam kultur mikroalga. Penambahan karbondioksida akan mencukupi kebutuhan karbon mikroalga yang selanjutnya akan disintesis menjadi energi. Energi yang dihasilkan pada proses fotosintesis mikroalga dapat digunakan sebagai pertumbuhan, cadangan makanan atau untuk mempertahankan diri saat terjadi tekanan pada lingkungan (Khoo *et al.*, 2011).

Proses biosintesis lipid pada mikroalga membutuhkan energi yang besar, diawali dengan proses pembentukan karbohidrat kemudian dilanjutkan dengan akumulasi lipid (Ahmad *et al.*, 2011). Chisti (2007) juga mengatakan bahwa aerasi karbondioksida akan memacu proses fotosintesis pada reaksi Calvin.

Laju fotosintesis pada mikroalga yang diberi aerasi dengan CO₂ akan memacu

sintesis karbohidrat. Karbohidrat yang berlebihan dalam sel mikro alga akan dikonversi dalam bentuk total lipid.

MateridanMetode

a. Kultur Mikroalga

Stok *N. oculata* yang diperoleh dari Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara. Kultur dilakukan dengan cara menambahkan 2,5L stok murni (1/3 bagian) ke dalam media air laut dengan salinitas 30 ppt sebanyak 5L (2/3 bagian). Selanjutnya ditambahkan pupuk Walne (NH₄NO₃ 100 g; NaH₂PO₄ 20 g; H₃BO₃ 33,6 g; NaEDTA 45 g; FeCl₂ 1,3 g; MnCl₂ 0,36g; Vitamin B₁₂ 0,001 g) yang diperoleh dari BBPBAP Jepara sebanyak 7,5 ml (dosis 1ml/L) Proses menghasilkan stock murni 7,5 liter. Selanjutnya dilakukan penanaman pada erlenmeyer dengan volume 500 ml. Selanjutnya kultur *N. oculata* dinkubasi dalam suhu 17-20°C dan pencahayaan (2750 lux selama 24 jam/hari).

b. Aerasi Karbondioksida

Aerasi karbondioksida dilakukan setiap 24 jam hingga waktu panen. Setiap perlakuan menggunakan 3 ulangan, diaerasi dengan waktu yang berbeda yaitu 1, 2, 3 dan 4 menit serta tanpa aerasi CO₂ sebagai kontrol. Setelah dilakukan aerasi karbondioksida kemudian dilakukan penghitungan CO₂ terlarut dengan metode titrasi. Volume sampel 20 mL yang telah ditambahkan 2 tetes indikator PP dititrasi dengan menggunakan larutan Na₂CO₃ 0,0454 N. Selanjutnya Konsentrasi karbondioksida (CO₂) terlarut dihitung dengan menggunakan rumus APHA (1978):

$$\text{Konsentrasi CO}_2 \text{ terlarut} = \frac{V \text{ Na}_2\text{CO}_3 \times N \text{ Na}_2\text{CO}_3 \times 22000}{\text{Volume sampel}}$$

c. Penghitungan Kepadatan dan Panen

Penghitungan kepadatan dilakukan dengan menggunakan *haemocytometer*. Panen dilakukan pada fase stasioner awal dengan cara sentrifugasi. Kemudian dilanjutkan dengan peyaringan sebanyak 100 mL kultur *N. oculata* menggunakan kertas Whatman GF/F dengan bantuan vacum pump dan miliphore. Laju pertumbuhan relatif dihitung dengan rumus (Wood et al., 2005):

$$LajuPertumbuhan\ relatif\ (k) = \frac{\log_2 N_t - \log_2 N_o}{\Delta t}$$

d. Analisa lipid mikroalga *N. oculata*

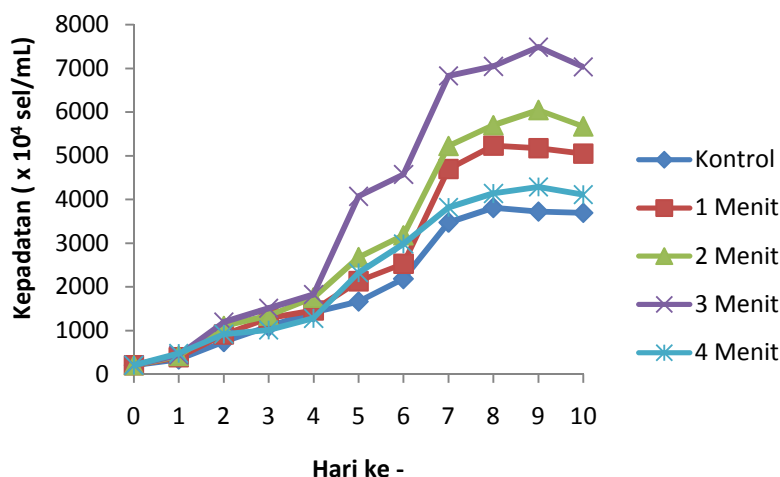
Ekstraksi lipid yang akan dilakukan merupakan modifikasi dari metode Bligh and Dyer (1965). Biomassa kering *N. oculata* dimaserasi menggunakan metanol sebanyak 60 ml. Maserasi dilakukan pada suhu 40° celcius selama 2 jam. Perlakuan secara mekanik ditambahkan dengan melakukan *stirring* selama 10 menit menggunakan magnetik strirer. Kemudian ditambahkan N-hexan sebanyak 60 ml. Selanjutnya dilakukan pemisahan fraksi metanol dan n- heksan dengan menggunakan corong pisah. Setelah di dapatkan fraksi n - heksan dilakukan

proses evaporasi pelarut menggunakan oven dengan suhu 110°C untuk mendapatkan total lipid. Kemudian dilakukan proses penimbangan lipid.

Hasil dan Pembahasan

a. Kepadatan *N. oculata*

Penambahan aerasi CO₂ selama 3 menit menunjukkan pertumbuhan logaritmik paling tinggi. Kepadatan sel tertinggi terjadi pada hari ke- 9 yaitu mencapai 7.483 x 10⁴ sel/ml. Sementara pada kontrol, 1 menit, dan 2 menit kepadatan sel masing – masing yaitu 3.720 x 10⁴ sel/ml, 5.172 x 10⁴ sel/ml, 6.040 x 10⁴ sel/ml. Penambahan aerasi CO₂ tidak selalu direspon positif dengan penambahan pertumbuhan logaritmik oleh *N. oculata*. Hal ini ditunjukkan oleh hasil pertumbuhan logaritmik pemberian aerasi CO₂ selama 4 menit yang justru mengalami penurunan. Kepadatan sel pada perlakuan 4 menit yaitu 4.284 x 10⁴ sel/ml. Chiu et al., (2008) menjelaskan bahwa pemberian aerasi karbondioksida yang terlalu banyak dapat menghambat pertumbuhan *N. oculata* karena kondisi pH yang terlalu rendah.



Gambar 1. Grafik pertumbuhan harian *N. oculata* pada perlakuan perbedaan periode aerasi karbondioksida

Karbon dioksida yang diberikan berfungsi sebagai bahan utama dalam proses fotosintesis mikroalga sehingga dapat meningkatkan laju proses fotosintesis yang mengakibatkan meningkatnya kelimpahan sel *N. oculata*. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Chiu *et al.*, (2008) pemberian gas karbon dioksida pada kultivasi *N. oculata* dengan konsentrasi 2% mampu meningkatkan jumlah kelimpahan sel *N. oculata* hingga 50 % dibandingkan dengan Kontrol. Namun penambahan gas karbon dioksida sebanyak 5% justru menghambat pertumbuhan.

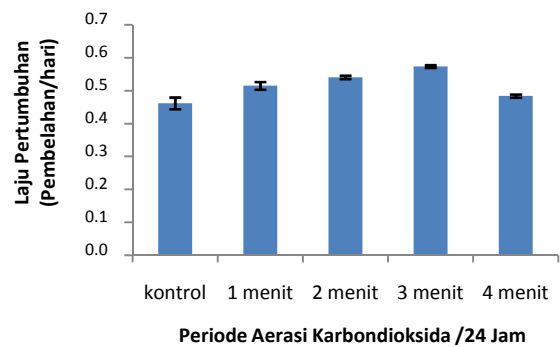
Beberapa penelitian lain juga menunjukkan bahwa pemberian aerasi karbon dioksida dapat meningkatkan kepadatan puncak, tetapi setelah melebihi batas maksimal justru menghambat pertumbuhan *N. oculata*. Penghambatan pertumbuhan *N. oculata* terjadi pada pemberian aerasi dengan konsentrasi gas karbon dioksida lebih dari 5% (Silva dan Pirt, 1984; Sung *et al.*, 1999; Chang dan Yang, 2003; de Morais dan Costa, 2007a,b).

Penambahan karbon dioksida pada kultur *N. oculata* akan mencukupi kebutuhan karbon yang digunakan untuk proses fotosintesis. Proses fotosintesis pada *N. oculata* akan menghasilkan energi. Energi tersebut dapat berupa karbohidrat, lipid dan protein. Energi yang dihasilkan pada proses fotosintesis mikroalga dapat digunakan sebagai pertumbuhan, cadangan makanan atau untuk mempertahankan diri saat terjadi tekanan pada lingkungan (Khoo *et al.*, 2022). Pada perlakuan pemberian aerasi CO₂ selama 4 menit dimungkinkan energi yang dihasilkan dari proses fotosintesis tidak digunakan untuk pembelahan sel melainkan dikonversi atau disimpan

dalam bentuk lain. Pada perlakuan 4 menit terjadi tekanan lingkungan yang cukup ekstrim dimana pH pada kultur mencapai 5,2 serta salinitas mencapai 35 ppt.

b. Laju Pertumbuhan *N. oculata*

Laju pertumbuhan rata - rata pada perlakuan Kontrol, 1 menit, 2 menit, 3 menit dan 4 menit masing – masing menunjukkan hasil 0,462; 0,515; 0,540; 0,574 dan 0,484 doubling/ hari.



Gambar 2. Laju pertumbuhan rata - rata *N. oculata* selama kultur dengan perlakuan waktu aerasi karbon dioksida yang berbeda

Tabel 9. Laju pertumbuhan harian (doubling/hari) *N. oculata* dengan perlakuan perbedaan periode aerasi karbon dioksida

Hari ke-	Waktu Aerasi Karbon dioksida				
	Kontrol	1 Menit	2 Menit	3 Menit	4 Menit
1	0,701	0,904	0,987	1,083	1,203
2	1,113	1,219	1,425	1,435	0,940
3	0,571	0,501	0,266	0,339	0,140
4	0,365	0,183	0,389	0,266	0,339
5	0,243	0,518	0,601	1,166	0,837
6	0,385	0,259	0,262	0,169	0,382
7	0,668	0,920	0,714	0,578	0,342
8	0,143	0,156	0,126	0,047	0,130
9	-0,033	-0,017	0,086	0,086	0,050
10	-0,010	-0,030	-0,093	-0,090	-0,060

Pada penelitian ini fase adaptasi terjadi secara singkat. Hal ini ditunjukkan dengan laju pertumbuhan yang cukup tinggi sejak hari pertama. Laju pertumbuhan pada hari pertama pada perlakuan Kontrol, 1 menit, 2 menit, 3 menit dan 4 menit yaitu 0,701; 0,904; 0,987; 1,083 dan 1,203 doubling/ hari. Kultur *N. oculata* dengan perlakuan pemberian aerasi karbondioksida mempunyai fase adaptasi yang singkat. Fase adaptasi menjadi fase yang penting karena pada fase ini mikroalga menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru (Chiu *et al.*, 2008). Boyd (1982) juga menjelaskan bahwa penambahan CO₂ dalam kultur menyebabkan terjadinya penurunan pada pH air. Pada hari ke- 2 terjadi laju pertumbuhan tertinggi dibandingkan dengan laju pertumbuhan hari lain. Laju pertumbuhan pada hari ke- 2 pada perlakuan kontrol, 1 menit, 2 menit, 3 menit dan 4 menit yaitu 1,113; 1,219; 1,425; 1,435 dan 0,940 doubling/ hari. Pada hari ke- 2 laju pertumbuhan paling tinggi terjadi pada perlakuan 3 menit.

Pada perlakuan aerasi CO₂ selama 4 menit, pada hari pertama mengalami laju pertumbuhan tertinggi dibanding dengan perlakuan lain justru pada hari ke- 2 mengalami penurunan. Hal ini dimungkinkan karena pengaruh pemberian aerasi CO₂ pada kultur *N. oculata*. Penambahan karbondioksida dapat memenuhi kebutuhan karbon *N. oculata* yang digunakan sebagai bahan fotosintesis. Panggabean (2011) menjelaskan bahwa kemampuan pemanfaatan karbondioksida pada mikroalga *N. oculata* dan *Chlorella vulgaris* tergolong tinggi dibandingkan dengan spesies lain. Penambahan karbondioksida secara tepat pada *N. oculata* dapat menaikkan laju

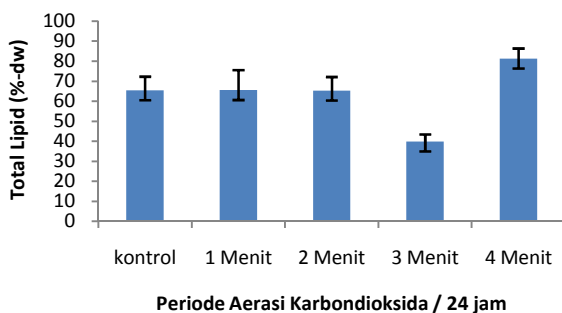
pertumbuhan. Chiu *et al.*, (2008) juga menjelaskan bahwa penambahan karbondioksida sebanyak 2% dapat meningkatkan laju pertumbuhan. Namun penambahan karbondioksida lebih dari 5% justru dapat menghambat laju pertumbuhan.

Laju pertumbuhan yang cukup tinggi pada awal kultur dimungkinkan pada fase eksponensial mikroalga lebih banyak mensintesis protein yang digunakan untuk pembelahan sel. Bellou dan Aggelis (2013) menjelaskan bahwa saat kualitas air menunjang untuk pertumbuhan mikroalga serta masih tersedia nitrogen dalam media, mikroalga akan mensintesis protein yang digunakan untuk proses pembelahan sel. Namun saat nitrogen dalam media kultur sudah habis mikroalga lebih banyak mengakumulasi hasil fotosintesis dalam bentuk lipid. Widianingsih *et al.*, (2011) menjelaskan bahwa semakin kecil konsentrasi fosfat dan nitrat yang diberikan pada kultur *N. oculata* maka total lipid yang dihasilkan semakin besar. Jumlah fosfat dan nitrat yang besar dalam media kultur menyebabkan *N. oculata* lebih banyak memproduksi protein dan karbohidrat (Hu dan Gao, 2006). Chiu *et al.*, (2008) juga menjelaskan produksi total lipid mikroalga tertinggi terjadi pada fase stasioner. Hasil penelitian Widianingsih *et al.*, (2011) juga menunjukkan bahwa pada fase stasioner *N. oculata* memiliki kadar total lipid yang lebih besar dibandingkan pada fase eksponensial. Besarnya kandungan lipid total pada mikroalga *N. oculata* pada fase stasioner dibandingkan dengan fase eksponensial juga telah ditunjukkan oleh hasil penelitian Pratoomyot *et al.*, (2005) begitu pula pada spesies *Tetraselmis suecica* (Guzman *et al.*, 2010). Guzman

et al., (2010) juga menambahkan bahwa pada fase stasioner telah terjadi penurunan pembelahan sel dan sel mulai menyimpan produknya dalam bentuk lipid. Semakin menurunnya jumlah nutrisi pada fase stasioner mengakibatkan terjadinya penurunan pembelahan sel pada mikroalga kelas Eustigmatophyceae dan Bacillariophyceae secara bertahap dan mulai menyimpan produknya dalam bentuk lipid (Pratoomyot et al., 2005).

c. Kadar Total Lipid *N. oculata*

Peningkatan lipid paling besar terjadi pada perlakuan pemberian aerasi CO₂ selama 4 menit. Pada perlakuan ini kadar total lipid yang dihasilkan mikroalga *Nannochloropsis oculata* mencapai 81, 26%-dw. Sementara pada kontrol, 1 menit, dan 2 menit mempunyai kadar total lipid yang relatif sama yaitu 65,47%-dw, 65,53%-dw dan 65,32%-dw. Sedangkan pada perlakuan pemberian aerasi karbondioksida selama 3 menit justru mengalami penurunan yang signifikan, yaitu 39,86%-dw.



Gambar 3. Kadar total lipid *N. oculata* (% beratkering) pada perbedaan periode aerasi yang berbeda

Kondisi peningkatan lipid yang terjadi pada perlakuan pemberian aerasi CO₂ selama 4 menit berbanding terbalik dengan kepadatan puncak serta laju pertumbuhan. Kondisi ini juga terjadi

pada perlakuan aerasi CO₂ selama 3 menit. Pada perlakuan tersebut produksi total lipid yang dihasilkan *N. oculata* menunjukkan terjadinya penurunan. Namun kepadatan puncak serta laju pertumbuhan rata-rata justru mengalami peningkatan dan mempunyai nilai tertinggi dibanding dengan perlakuan lain. Penambahan karbondioksida akan memenuhi kebutuhan karbon pada mikroalga yang selanjutnya digunakan sebagai bahan fotosintesis. Proses fotosintesis akan menghasilkan energi. Energi tersebut dapat berupa karbohidrat, lipid dan protein. Energi yang dihasilkan pada proses fotosintesis mikroalga dapat digunakan sebagai pertumbuhan, cadangan makanan atau untuk mempertahankan diri saat terjadi tekanan pada lingkungan (Khoo et al., 2011). Pada perlakuan aerasi karbondioksida selama 3 menit dimungkinkan energi yang dihasilkan dari proses fotosintesis digunakan sebagai pertumbuhan *N. oculata*. Hal ini juga dikuatkan oleh Ehrenfeld dan Cousin (1982) yang menyatakan bahwa dalam kondisi optimum mikroalga lebih banyak melakukan sintesis protein yang digunakan untuk sintesis DNA yang selanjutnya digunakan sebagai proses pembelahan sel. Sedangkan pada perlakuan aerasi selama 4 menit kemungkinan besar energi yang dihasilkan digunakan sebagai upaya mempertahankan diri saat terjadi tekanan lingkungan. Schenk et al., (2008) juga menyatakan bahwa mikroalga di alam mengakumulasi lipid saat terjadi tekanan pada lingkungan. Dalam kondisi tidak optimal tersebut mikroalga tetap melakukan proses fotosintesis dengan bantuan CO₂ dan mengakumulasi energi dalam bentuk

karbohidrat dan lipid. Penggunaan karbondioksida pada kultur mikroalga juga dilakukan oleh Olaizola *et al.*, (2004) dijelaskan bahwa bahwa mikroalga dapat menyerap karbondioksida pada kisaran pH 4,5 - 10,5 dengan konsentrasi karbondioksida yang berbeda. Selanjutnya Boyd (1982) juga mengatakan pada pH 4,5- 6,5 reaksi yang terbentuk antara karbondioksida dan air akan menghasilkan asam karbonat. Sedangkan pada pH 6,5- 10,5 reaksi karbondioksida dan air akan menghasilkan bikarbonat. Pembentukan senyawa yang berbeda inilah yang dimungkinkan berpengaruh terhadap penyerapan karbondioksida pada *N. oculata*. Asam karbonat dan bikarbonat selanjutnya akan digunakan sebagai sumber karbon anorganik dalam proses fotosintesis mikroalga. Pada proses fotosintesis mikroalga, sumber karbon anorganik yang berasal dari senyawa asam karbonat dan bikarbonat dapat dikonversi menjadi energi. Namun jumlah asam karbonat yang berlebihan menyebabkan air bersifat asam. Kondisi pH selama kultur mempengaruhi penyerapan karbondioksida pada *N. oculata* karena pada kondisi tidak optimal mikroalga lebih banyak menggunakan energi sebagai upaya mempertahankan diri dan mengakumulasinya dalam bentuk lipid. Mikroalga dapat memanfaatkan karbon sebagai proses fotosintesis dalam bentuk asam karbonat, bikarbonat, karbonat atau CO₂ bebas. Berbeda dengan tumbuhan tingkat tinggi yang hanya bisa memanfaatkan CO₂ bebas yang terdapat di atmosfer melalui stomata dan lenti sel (Khoo *et al.*, 2011).

Chisti (2007) juga mengatakan bahwa aerasi karbondioksida akan memacu proses fotosintesis pada reaksi Calvin. Laju fotosintesis pada mikroalga yang diberi

aerasi dengan karbondioksida akan memacu sintesis karbohidrat. Karbohidrat yang berlebihan dalam sel mikro alga akan dikonversi dalam bentuk total lipid. Bellou dan Aggelis (2013) menyatakan bahwa sintesa lipid diawali dengan sintesa karbohidrat. Dalam proses fotosintesis CO₂ dikonversi menjadi gliceryde - 3 - phosphate (G3P) yang digunakan sebagai prekursor dalam pembentukan karbohidrat dan lipid. Selanjutnya Gliceryde- 3- phosphate diubah menjadi piruvat. Piruvat kemudian dikonversi menjadi asetil- koA dengan reaksi menggunakan enzim pyruvate dehydrogenase complex (PDC). Asetil-koA merupakan prekursor untuk sintesis asam lemak. Reaksi pembentukan asam lemak ini terjadi dalam plastida. Selanjutnya asam lemak yang terbentuk di plastida akan dibawa menuju retikulum endoplasma. Retikulum endoplasma akan mengubah asam lemak menjadi lipid struktural atau lipid non struktural. Lipid struktural adalah lipid yang digunakan dalam pembentukan komponen sel. Sedangkan lipid non struktural adalah lipid yang digunakan sebagai bentuk cadangan energi.

Kesimpulan

aerasi karbondioksida selama 3 menit optimal untuk meningkatkan kepadatan puncak dan laju pertumbuhan *N. oculata* yaitu 7.483×10^4 sel/ml dengan laju pertumbuhan maksimal sebesar 0,574 doubling/ hari. Namun tidak optimal untuk meningkatkan produksi total lipid *N. oculata*. Sementara aerasi selama 4 menit lebih optimal untuk meningkatkan total lipid *N. oculata*.



UcapanTerimakasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan pengarahan dan petunjuk dalam menyelesaikan jurnal ilmiah ini.

Daftar Pustaka

- Ahmad, A.L., Yasin, N.H.M., Derek, C.J.C., Lim, J.K., 2011. Microalgae as a sustainable 754 energy source for biodiesel production: a review. *Renewable and Sustainable 755 Energy Reviews* 15, 584–593. 756
- Andersen, S. 1995. Microencapsulated marine omega-3 fatty acids for use in the food industry. *Food Tech Euro* 1: 104 - 105
- [APHA] American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. 1975. Standard Metode for the Examination of water and wastewater. 14thed, APHA, Washington, DC 20036.1193 pp.
- Bellou, S. and G. Aggelis. 2013. Biochemical activities in *Chlorella* sp. and *Nannochloropsis salina* during lipid and sugar synthesis in a lab-scale open pond simulating reactor. *J. Biotechnol.*1:1-12
- Bligh, E.G. and W.J. Dryer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can.J.Biochem.Pysiol.*,37:911-917
- Boyd, CE. 1982. *Water Quality Management for Pond Fish Culture*. Elsevier Sci. Pub.Co., Amsterdam
- Chang T, Ohta S, Ikegami N, Miyata H, Kashimoto T, Kondo M. 1993. Antibiotic substances produced by a marine green alga, *Dunaliella primolecta*. *Bioresource Technology*. 44: 149-153.
- Chang, E.H., Yang, S.S., 2003. Some characteristics of microalgae isolated in Taiwan for biofixation of carbon dioxide. *Bot. Bul. Acad. Sin.* 44, 43–52.
- Chisti, Y. 2007. Biodiesel from Microalgae. *Institute of Techonolgy and Engineering, Massey University. Biotechnology Advances* 25 (2007) 294–306.
- Chiu, S.Y, Kao, C.Y. Tsai, M.T. Ong, S.C, Chen C.H, and Lin, C.S. 2009. Lipid Accumulation and CO₂ Utilization of *Nannochloropsis oculata* to CO₂ Aeration. *Biosource Technology* 100:833-838
- deMorais, M.G., Costa, J.A.V., 2007a. Biofixation of carbon dioxide by *Spirulina* sp and *Scenedesmus obliquus* cultivated in a three-stage serial tubular photobioreactor. *J. Biotechnol.* 129, 439–445.
- deMorais, M.G., Costa, J.A.V., 2007b. Isolation and selection of microalgae from coal fired thermoelectric power plant for biofixation of carbon dioxide. *Energy Conv. Manag.* 48, 2169–2173.
- Guzman, H.M., A de la Jara Valido, L.C. Duarte & K. F, Presmanes. 2010. Estimate by means of flow cytometry of variation in composition of fatty acids from *Tetraselmis suecica* in response to culture conditions. *Aquacult, Int.*, 18: 189–199.
- Hu H and Gao K. 2006. Response of Growth and Fatty Acid Compositions of *Nannochloropsis* sp. to Environmental Factors Under Elevated CO₂ Concentration, *Biotechnol Lett.* 28: 987-992.
- Ikhsan, D., Yulianto, M.E., dan Ariwibowo, D.. 2006. Studi Awal Pembuatan Biodiesel Sebagai Cara Kontinyu dalam Bioreaktor Packed Coloum dari Minyak Jarak Pagar, Laporan Penelitian UNDIP.
- Khoo HH, Sharratt PN, Das P, Balasubramanian RK, Naraharisetti PK, Shaik S. 2011. Life cycle energy and CO₂ analysis of microalgae to biodiesel: Preliminary results and comparisons. *Bioresource Tech.* 102:5800- 5807.
- Mata, T.M..A.A Martins dan N.S Caetona. 2010. Microalgae for Biodiesel



-
- Production and Other Applications : A Review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 14: 217-232
- Olaizola, M, T. Bridges, S. Flores, L. Griswold, J. Morency dan T. Nakamura. 2004. Microalgal Removal of CO₂ from Flue Gases : CO₂ Capture from a Coal Combuster, Biotech. Bioproc. Eng. 8: 360-367
- Panggabean, L.M.G. 2011. Fiksasi Karbon dioksida pada Mikroalga *Chlorella* sp., strain Ancol dan *Nannochloropsis oculata*. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia 37(2): 309-321
- Pratoomyot, J., P. Srivilas and T. Noiraksar. 2005. Fatty Acids Composition of 10 Microalgal Species. Songklanakarin J. Sci. Technol., 27(6): 1179- 1187.
- Richmond, A. 2003. Handbook of Microalgal Culture Biotechnology and Applied Phycology. Blackwell Publishing.
- Schenk, P.M, R. Skye., Hall R.T., Stephens E., Max U.C., Mussgnug J.H, Posten C., Kruse O, and Hankamer B. 2008. Second Generation Biofuel: High Efficiency Microalgae for Biodiesel Production. Bioenergi 1: 20- 43
- Silva, H.J., Pirt, S.J., 1984. Carbon dioxide inhibition of photosynthetic growth of *Chlorella*. J. Gen. Microbiol. 130, 2833-283
- Sung, K.D., Lee, J.S., Shin, C.S., Park, S.C., Choi, M.J., 1999. CO₂ fixation by *Chlorella* sp. KR-1 and its cultural characteristics. Bioresour. Technol. 68: 269-273
- Widianingsih, R. Hartati, H. Endrawati, E. Yudiati, V.R. Iriani. 2011. Pengaruh Pengurangan Konsentrasi Nutrien Fosfat dan Nitrat Terhadap Kandungan Lipid Total *Nannochloropsis oculata*. Ilmu Kelautan 16 (1) 24-29
- Wood, A.M., R.C. Everroad and L.M. Wingard. 2005. Measuring Growth Rate in Microalgal Culture. Academic Press: 269-283