
PROFIL FERMENTASI PADA PRODUKSI MINYAK MIKROALGA MENGUNAKAN *Nannochloropsis oculata* DALAM MEDIUM BG-11

Nur Hidayati Mahmudah, Margono*, Sunu H Pranolo, Endah R Dyartanti, Fitri Handayani

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami no. 36 A, Surakarta 27126 Telp/fax:0271-632112

*Email: mrgono04@yahoo.com

Abstract: *The Government has launched a substitution program of petroleum based oil with renewable energy sources. One of the programs implemented is substitution of diesel oil by biodiesel. However, there is a problem with biodiesel raw material resources, i.e. alternative of crude palm oil avoiding competition of food utilization. The prospective one is microalgae oil. The objective of this study is to explore fermentation profile of *Nannochloropsis oculata* growing in medium BG-11. Experiments used a bioreactor equipped with a gas absorber and *N. oculata* cultured in medium BG-11. While culturing *N. oculata*, oxygen was supported in the gas absorber by circulating the medium through bioreactor – absorber – bioreactor. Sampling was carried out periodically once a day (24 hours) and analysis of samples included cell temperature, salinity, pH, cell dry weight, and oil content. The data were presented in a graphical form of the parameter profile.*

Keywords: *microalgae, fermentation profile, *Nannochloropsis oculata*, oil content*

PENDAHULUAN

Pemanasan global (*global warming*) yang berakibat pada timbulnya cuaca ekstrim di dunia saat ini diyakini akibat polusi udara atmosfer oleh gas rumah kaca, utamanya adalah akibat tingginya gas CO₂ dari gas buang hasil pembakaran. Oleh karena itu, upaya menurunkan kandungan gas CO₂ yang terbuang ke atmosfer menjadi faktor yang sangat penting untuk mengatasi pemanasan global tersebut.

Mikroalga *Nannochloropsis oculata* adalah salah satu tanaman yang paling efisien dalam menangkap dan memanfaatkan energi cahaya dan gas CO₂ (Diharmi, 2001). Energi cahaya dan gas CO₂ tersebut digunakan untuk keperluan fotosintesis dalam pertumbuhannya. Lebih dari itu, sel *N. oculata* mengandung protein, karbohidrat, lipid, dan berbagai macam mineral sehingga memiliki banyak manfaat, antara lain bahan makanan, *energy biomass*, pupuk pertanian, dan industri farmasi.

Berkaitan dengan pemanfaatannya sebagai sumber energi terbarukan maka *N. oculata* sangat menjanjikan karena kandungan minyak dalam sel cukup tinggi yaitu 31- 68% (Chisti, 2007). Kandungan minyak tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan dengan minyak kelapa sawit yang hanya sebesar 25%. Keuntungan lain penggunaan *N. oculata* sebagai sumber bahan baku biodiesel adalah minyaknya dapat dipanen sepanjang tahun (tidak mengenal musim).

Produktivitas minyak yang dihasilkan melebihi produktivitas tanaman biji minyak terbaik manapun, yaitu 12.000 L/ha dibandingkan 1190 L/ha untuk tanaman biji berminyak (Schenk et al, 2008).

Namun demikian kandungan minyak dalam *N. oculata* sangat bervariasi tergantung dari kondisi budi daya yang dilakukan. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kandungan minyak mikroalga secara umum adalah intensitas cahaya, kadar oksigen terlarut, kadar CO₂, kadar dan sumber nitrogen, temperatur, pH, kadar garam, nutrisi, dan kandungan komponen beracun/logam berat (Hermanto et al., 2011).

Mikroalga merupakan mikroorganisme uniselular atau multi selular sederhana dengan ukuran 1-5 mikron yang mampu memenuhi kebutuhan energi secara mandiri dengan melakukan fotosintesis dan mampu berkembang biak dengan sangat cepat. Di samping itu, beberapa galur mikroalga merupakan penghasil minyak yang memiliki produktivitas tinggi, antara lain *N. oculata*. Keuntungan dari minyak mikroalga ini adalah belum menjadi komoditi pangan sebagaimana minyak kedelai, bunga matahari, dan sawit. Keuntungan lain, sel mikroalga (khususnya *N. oculata*) memiliki kandungan minyak cukup tinggi. Kandungan minyak (lipid) dalam berbagai spesies mikroalga ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Lipid beberapa spesies mikroalga (Chisti, 2007)

Spesies mikroalga	Kandungan lipid (% biomassa)
<i>Chlorella emersonii</i>	25-63
<i>Chlorella minotissima</i>	57
<i>Chlorella sp.</i>	10-48
<i>Chlorella vulgaris</i>	5-58
<i>Dunaleilla salina</i>	6-25
<i>Dunaleilla primolicta</i>	23
<i>Dunaleilla sp.</i>	17-67
<i>Euglena gracilis</i>	14-20
<i>Nanochloris sp.</i>	20-56
<i>Nanochloropsis sp</i>	12-53
<i>Schizochytrium sp.</i>	50-77
<i>Skelotonema costatum</i>	13-51
<i>Pavtova salina</i>	30
<i>Pyrrrosia Leavis</i>	69
<i>Zitzschia sp.</i>	45-47
<i>Dunaleilla lutheri</i>	6-25

Mikroalga memiliki laju pertumbuhan dan produktivitas yang tinggi jika dibandingkan dengan pertumbuhan hutan, tanaman pertanian dan tumbuhan air lainnya. Kebutuhan lahan jauh lebih sedikit dibandingkan tanaman penghasil minyak lainnya, yaitu hingga mencapai 49 -132 kali lebih sempit untuk menghasilkan minyak yang sama. serta penggunaannya sebagai bahan baku biodiesel tidak berkompetisi dengan konsumsi manusia. Perbandingan potensi beberapa tanaman penghasil bahan baku biodiesel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan potensi beberapa bahan baku biodiesel (Chisti, 2007)

Tanaman	Produktivitas biodiesel (kg/ha.th)
Jagung	152
Kacang kedelai	562
Kelapa	2.315
Kelapa sawit	4.747
Bunga matahari	945
Mikroalga lipid rendah	52.927
Mikroalga lipid sedang	86.515
Mikroalga lipid tinggi	121.104

Pertumbuhan sel *N. oculata* sangat dipengaruhi oleh tiga komponen penting, yaitu cahaya, karbondioksida dan nutrisi. Penelitian ini dimaksudkan untuk mempelajari profil fermentasi produksi minyak mikroalga menggunakan *N. oculata* dalam medium BG-11 sebagai nutrisi. Beberapa parameter yang dipelajari adalah derajat keasaman (pH), suhu, salinitas, berat kering sel, dan kandungan minyak (lipid).

METODE PENELITIAN

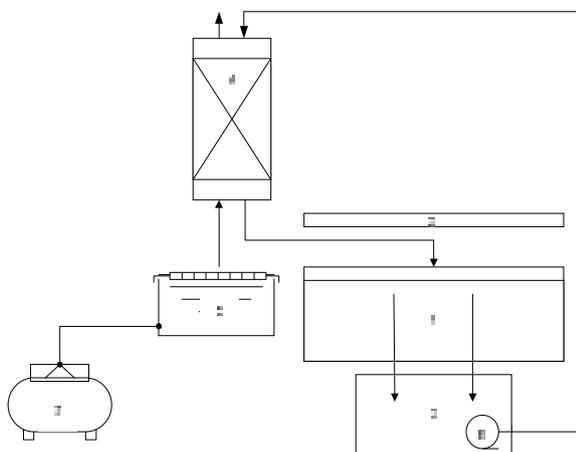
Alat dan Bahan

Alat yang digunakan berupa bioreaktor yang terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu kotak kaca berdimensi 30 cm x 20 cm x 15 cm (bagian bioreaktor), bak sirkulasi berdimensi 20 cm x 20 cm x 15 cm, absorber berdimensi 9,5 cm x 60 cm, termometer, pH meter, pompa sirkulasi, dan lampu TL 10 watt. Rangkaian alat ditunjukkan pada Gambar 1.

Penelitian ini menggunakan kultur mikroalga *Nannochloropsis oculata* yang diperoleh dari Laboratorium Pakan Alami BBPBAP Jepara.

Air payau (campuran air laut dan aquades) sebagai media tumbuh utama *Nannochloropsis oculata* dengan salinitas 2,35%; pH sekitar 7,9 dan suhu 25 – 30°C. Air laut diperoleh dari pantai Taman, desa Hadiwarno, kecamatan Ngadirojo, kabupaten Pacitan. Aquades diperoleh dari Laboratorium Proses Teknik Kimia UNS.

Medium BG-11 yang dibuat dengan cara NaNO_3 1,5g, $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 0,04 g, $\text{KH}_2\text{PO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 0,2 g, EDTA 0,0005 g, Fe ammonium sitrat 0,005 g, asam sitrat 0,005 g, Na_2CO_3 0,02 g dan 1 mL larutan trace elemen dicampur dalam 1 dm³ air payau (campuran air laut dan aquades) dan diaduk sampai seluruh bahan tercampur rata.



Keterangan:

1. Bioreaktor
2. Lampu
3. Bak sirkulasi
4. Absorber
5. Kompor Gas (non aktif)
6. Pompa Aquarium
7. Tabung Gas LPG

Gambar 1. Rangkaian Alat Fermentasi

Sterilisasi Alat dan Bahan

Peralatan dari kaca disterilisasi menggunakan oven pada suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam, sedangkan peralatan plastik cukup disemprot dengan alkohol 70% dan dibiarkan selama ± 5 menit kemudian disemprot dengan alkohol 70% lagi sebelum dipakai.

Persiapan Starter

Persiapan starter dibagi menjadi tiga tahap yaitu kultur 10 mL, kultur 100 mL, dan kultur 1000 mL. Medium yang digunakan tahap ini berupa medium BG-11. Perbandingan bibit dan media adalah 1:10 dan kultur tersebut diinkubasi dibawah lampu TL 10 watt. Kultur diaerasi atau dikocok setiap hari.

Proses Fermentasi

Bioreaktor diisi medium BG-11 sebanyak 5 L dan disirkulasi secara kontinyu. Medium dalam bioreaktor disinari secara kontinyu menggunakan lampu TL 10 watt. Waktu fermentasi selama 15 hari dan sampel diambil secara periodik setiap 24 jam.

Analisis Kimia

Berat sel kering. Sampel sebanyak 50 ml disentrifugasi pada kecepatan 5000 rpm selama 20 menit. Supernatan dibuang dan sel mikroalga yang mengendap dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam kemudian ditimbang. Berat hasil penimbangan merupakan berat sel kering per 50 ml broth.

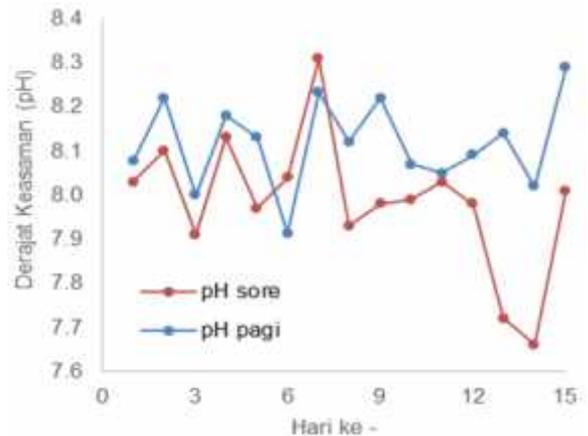
Kandungan lipid (minyak). Metode ekstraksi minyak mikroalga dilakukan dengan menggunakan modifikasi Banerjee (Amini dan Sugiyono, 2011) sebagai berikut:

1. Sel kering yang didapatkan diukur kadar minyak dalam sel melalui proses ekstraksi.
2. Minyak diekstraksi menggunakan pelarut hexane dan dimaserasi selama 24 jam.
3. Hasil ekstraksi disentrifugasi kecepatan 3000 rpm selama 10 menit untuk mendapatkan supernatan dengan cara memisahkan larutan jernih dan endapan.
4. Larutan jernih diuapkan di dalam oven untuk memisahkan pelarut dan minyak nabati. Cairan tersisa ditimbang sebagai minyak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Derajat Keasaman (pH)

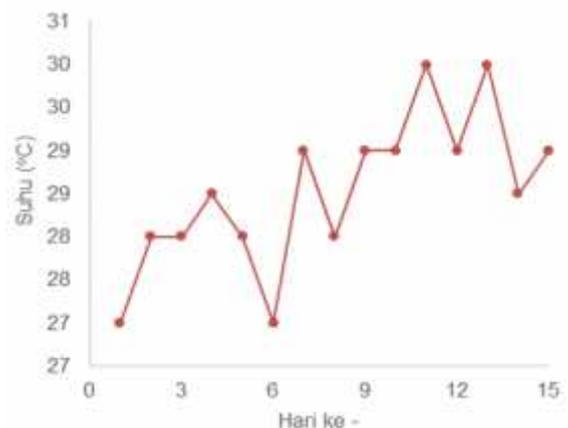
Hasil pengukuran pH selama penelitian selama kultur berkisar antara 7,66 - 8,31. Nilai pH ini tergolong sesuai bagi kehidupan *N. oculata* seperti yang dikatakan oleh Fogg (1987) bahwa *N. oculata* dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH 7,0-9,5. Nilai pH pagi hamper selalu lebih tinggi dibandingkan nilai pH sore hari. Hasil penelitian (Gambar 2) menunjukkan bahwa perubahan nilai pH relatif stabil selama kultur.



Gambar 2. Profil derajat keasaman selama kultur

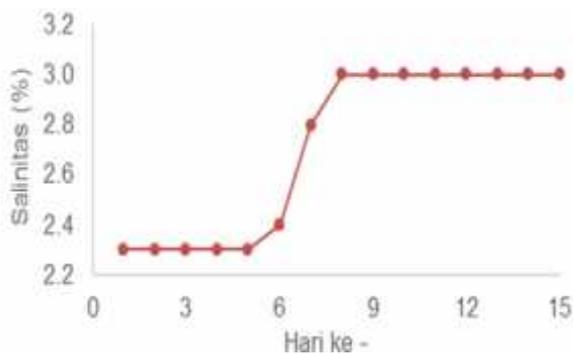
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Hasil pengukuran suhu selama penelitian berkisar antara $27-30^{\circ}\text{C}$. Perkembangan suhu dari waktu ke waktu menunjukkan bahwa semakin lama kultur maka suhu medium semakin tinggi. Selama penelitian, sumber cahaya hanya berasal dari sinar lampu TL 10 watt. Hasil dari percobaan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Profil suhu selama kultur

Suhu mempengaruhi aktifitas metabolis-me organisme (kesetimbangan respirasi dan fotosintesis). Selain itu suhu sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air. Secara umum laju pertumbuhan meningkat sejalan dengan kenaikan suhu, dapat menyebabkan kematian bila peningkatan suhu sampai ekstrim (Rizky,2010). Suhu pada hasil pengamatan sudah memenuhi kriteria untuk *N. oculata* yang tumbuh dengan baik pada kisaran suhu $25-30^{\circ}\text{C}$ (Fogg, 1987).



Gambar 4. Profil salinitas selama kultur

Salinitas

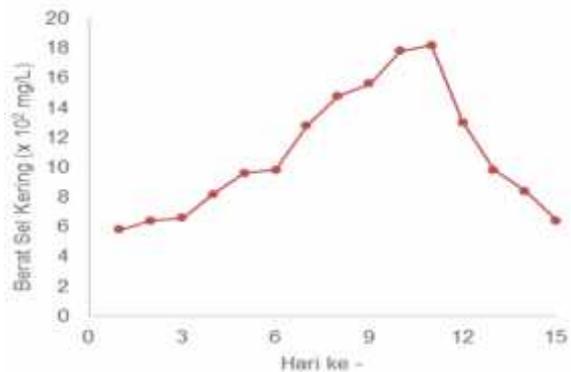
Hasil pengukuran salinitas selama kultur berkisar antara 2,3-3,0 %. Hasil dari percobaan ini ditampilkan pada Gambar 4. Kisaran ini termasuk dalam kisaran tidak normal untuk pertumbuhan *Nannochloropsis oculata* kecuali setelah hari ke-8 sampai hari ke-15. Berdasarkan Gambar 4, kenaikan salinitas terjadi pada hari ke-6 sampai ke-8. Hal ini diduga disebabkan karena terjadinya penguapan akibat sirkulasi, sehingga kadar garamnya mengalami peningkatan.

Menurut Fogg (1987) kisaran salinitas untuk pertumbuhan mikroalga adalah 3.0-3.2%. Salinitas merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi kandungan HUFA (*Highly Unsaturated Fatty Acid*) pada mikroalga (Rizky, 2010). Adapun kisaran yang diperoleh dalam kultur ini tidak normal disebabkan sumber media air lautnya yang memiliki salinitas cukup kecil.

Konsentrasi sel kering

Laju pertumbuhan merupakan variabel yang pengukurannya didasarkan pada besarnya kepadatan sel yang terjadi pada *N. oculata* dalam kurun waktu tertentu. Pada penelitian ini, pengukuran laju pertumbuhan puncak terjadi pada hari ke-11 dengan kepadatan mencapai 1820 mg/L. Hasil dari percobaan ini ditampilkan pada Gambar 5.

Hal ini disebabkan nutrisi pada media kultur yang masih tersedia, yaitu ketersediaan unsur utama C, H, O, N, P, K, S, Ca, Fe, Mg, dan keberadaan unsur mikronutrien. Komponen vitamin yang ditambahkan bersamaan dengan BG-11 dapat mempercepat pertumbuhan sel. Selain itu, kondisi lingkungan juga berpengaruh terhadap pertumbuhan sel *N. oculata*, antara lain suhu, iluminasi cahaya, pH, dan konsentrasi nutrisi dalam media.

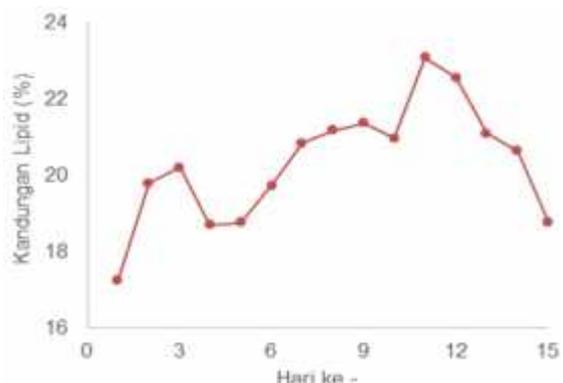


Gambar 5. Profil konsentrasi *N. oculata* selama kultur

Pada hari ke-12 hingga hari ke-15, konsentrasi sel mengalami penurunan. Hal ini disebabkan menipisnya kandungan nutrisi dalam medium dan ketatnya kompetisi sesama sel yang makin bertambah. Ketersediaan nutrisi yang terlalu sedikit akan mengakibatkan pertumbuhan lambat dan melemahnya kondisi sel sehingga jumlah kepadatan sel menurun (Rizky, 2010). Kadar nutrisi yang rendah dalam medium akan menurunkan produktivitas sel alga. Sel yang telah mati akan terurai dan pecah dengan sendirinya karena tidak dapat mengatur tekanan osmosis. Hal inilah yang menyebabkan medium dapat menjadi jernih bila mikroalga di dalamnya telah mati.

Kadar Lemak (Lipid)

Kadar lipid selama kultur ditunjukkan pada Gambar 6. Kadar lipid mengalami peningkatan dari hari ke hari dan mencapai kadar lipid tertinggi pada hari ke-11. Pencapaian kadar lipid tertinggi diperoleh bersamaan dengan kadar berat kering sel tertinggi. Hari ke-12 dan setelahnya, kadar lipid mengalami penurunan. Kadar lipid tertinggi sekitar 23% merupakan kadar yang masih lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya (Chisti, 2007).



Gambar 6. Profil Kadar Lemak (Lipid) selama Kultur

KESIMPULAN

Penggunaan medium BG-11 ini telah memenuhi syarat tumbuh mikroalga dengan nilai pH, suhu, dan salinitas masing-masing 7,66-8,31, 27-30°C, dan 2,3%-3,0%. Medium BG-11 dapat menghasilkan mikroalga *Nannochloropsis oculata* hingga mencapai berat sel sebesar 1820 mg/L di hari ke-11 dengan kadar lipid sebesar 23,08%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai menggunakan anggaran PNPB Universitas Sebelas Maret melalui skim penelitian Hibah MRG tahun anggaran 2015.

DAFTAR PUSTAKA

Amini, S. dan Sugiyono, 2011, *Kandungan Minyak Mikroalga Jenis Tetraselmis sp. Dan Chlorella sp. Berdasarkan Umur Pertumbuhannya*, Prosiding Forum Inovasi Akuakultur, 1133-1138.

Chisti, Y., 2007, *Biodiesel from Microalgae*, *Biotechnology Advances*, **25(3)**, 294-306.

Diharmi A. 2001. *Pengaruh Pencahayaan Ter-*

hadap Kandungan Pigmen Bioaktif Mikroalga Spirulina platensis Strain Local (Ink), Tesis Magister pada Program Studi Pasca Panen, Institut Pertanian Bogor, Bogor

- Fogg G.E. 1987. *Algal Cultures and Phytoplankton Ecology*. The University of Wisconsin Press, Medison
- Hermanto, M.B., Sumardi, Hawa, L.C., dan Fiqtinovri, S.M. 2011, *Perancangan Bioreaktor untuk Pembudidayaan Mikro-alga*, *Jurnal Teknologi Pertanian*, **12(3)**, 153-162.
- Rizky N.M. 2010. *Optimasi Kultivasi Mikroalga Laut Nannochloropsis oculata dengan Perlakuan Pupuk Urea untuk Produksi Lemak Nabati*, Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya, Malang
- Schenk P, Thomas-Hall S, Stephens E, Marx U, Mussgnug J, and Posten, C. 2008, *Second generation biofuels: high-efficiency microalgae for biodiesel production*, *BioEnergy Research*, **1(1)**, 20–43.