

PENGARUH PERLAKUAN PEMECAHAN DINDING SEL *Botryococcus braunii* DAN *Nannochloropsis* MENGGUNAKAN MICROWAVE DAN SONIKATOR TERHADAP MINYAK YANG DIHASILKAN

Effect of Cell Wall Disruption Treated by using Microwave and Sonicator of Botryococcus braunii and Nannochloropsis on The Amount of Oil Produced

Sri Amini^{1*}, Diini Fitriani¹, dan Sugiyono¹

¹ Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jl. K.S. Tubun Petamburan VI, Jakarta Pusat, Indonesia

* Korespondensi Penulis: aminisri@yahoo.co.id

Diterima: 10 Desember 2013; Disetujui: 3 Juni 2014

ABSTRAK

Penelitian pengaruh pemecahan dinding sel *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* menggunakan *microwave* dan sonikator terhadap jumlah minyak yang dihasilkan telah dilakukan di Laboratorium BBP4BKP, Slipi, Jakarta. *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* telah dikultur di dalam bak fiber ukuran 1000 liter berisi air laut, diaerasi terus menerus dan diberi cahaya sinar matahari. Conwy media ditambahkan ke dalam media air laut sebagai nutrisi suplemen pada kultur. Biomassa *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* dipanen pada umur 4 hari, lalu dipecah dinding selnya menggunakan *microwave* dengan frekuensi 2540 MHz dan sonikator dengan frekuensi 20 KHz. Minyak algae diekstraksi menggunakan pelarut heksan dilanjutkan dengan evaporasi menggunakan rotavapor. Hasil menunjukkan bahwa jumlah minyak dari *Botryococcus braunii* hasil pemecahan dinding sel menggunakan sonikator yaitu 22,24% dan *microwave* yaitu 7,92%. Jumlah minyak *Nannochloropsis* dengan pemecahan dinding sel menggunakan sonikator adalah 11,92% dan *microwave* adalah 16,54%. Ekstraksi minyak tanpa pemecahan dinding sel *Botryococcus braunii* sebesar 0,84% dan *Nannochloropsis* sebesar 1,54%. Asam lemak jenuh pada *Botryococcus braunii* antara lain asam stearat (18%), palmitat (5%), behenat (1%), dan arachidat (4%) dengan jumlah total 28%. Sedangkan pada *Nannochloropsis* adalah asam stearat (21%), palmitat (9%), behenat (1%), dan arachidat (2%) dengan jumlah total 33%.

KATA KUNCI: *Botryococcus braunii*, *Nannochloropsis*, *microwave*, sonikator, minyak

ABSTRACT

Study on the amount of oil produced of Botryococcus braunii and Nannochloropsis microalgae by treatments of cell wall disruption by microwave and sonicator have been done at Research and Development Center for Marine and Fisheries Product Processing and Biotechnology Laboratory, Slipi, Jakarta. Botryococcus braunii and Nannochloropsis were cultured in fiber flasks containing 1000 litre of sea waters, aerated and illuminated by sun shine fluorescent. Conwy medium was added to sea water culture medium as supplementary nutrients. The biomass of Botryococcus braunii and Nannochloropsis were harvested at 4 days culture, and the cell wall was broken using microwave at frequency of 2540 MHz and sonicator at the frequency of 20 KHz. Oils algae was extracted using hexane and then the solvent was evaporated using rotavapor. Results showed that the amount of oil extracion from Botryococcus braunii which the cell wall disrupted using sonicator was 22.24% and microwave was 7.92%. The amount of Nannochloropsis disrupted using sonicator was 11.92% and microwave was 16.54%. Oil extracted without disruption of cell walls from Botryococcus braunii was 0.84% and Nannochloropsis was 1.54%. Saturated fatty acid in Botryococcus braunii were stearic acid (18%), palmitic (5%), behenic (1%) and arachidic (4%) with total amount of 28%, while in Nannochloropsis were stearic acid (21%), palmitic (9%), behenic (1%) and arachidic (2%) with total amount of 33%.

KEYWORDS: *Botryococcus braunii*, *Nannochloropsis*, *microwave*, sonicator, oils

PENDAHULUAN

Botryococcus braunii dan *Nannochloropsis* adalah mikroalga hijau dari kelas *Chlorophyceae* yang hidup di lingkungan air tawar sampai air laut. Kandungan klorofil (zat hijau daun) mencapai 1,5–2,8% yang terdiri atas klorofil a, b, dan c, sehingga di permukaan perairan tampak berwarna hijau-coklat kekuningan. *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* memiliki inti sel dan dinding sel yang keras bersifat non motil, yaitu pergerakannya sangat dipengaruhi oleh arus perairan. *Botryococcus braunii* kaya hidrokarbon hingga mencapai 15–76% berat kering. Hidrokarbon rantai panjang dalam bentuk minyak dari spesies ini dikenal dengan nama *botryococcene* dan sangat potensial sebagai sumber energi atau biodiesel (Kabinawa, 2008). *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* termasuk algae mikroskopik, berkembang biak sangat cepat dengan daur hidup relatif pendek (Panggabean, 1998).

Indonesia mempunyai perairan dangkal yang luas dengan intensitas sinar matahari yang cukup sepanjang tahun, sehingga sangat besar kemungkinannya untuk membudidayakan alga mikroskopik. Mikroalga mengandung minyak yang komposisinya mirip seperti tanaman darat. Hal yang menarik untuk dikembangkan adalah kandungan minyak dalam mikroalga pada spesies tertentu cukup tinggi, yaitu rata-rata 40%. Kandungan minyak spesies *Botryococcus braunii* dapat melebihi kandungan minyak tanaman darat penghasil minyak, seperti kelapa, jarak, dan sawit. Menurut Chisti (2007), kandungan minyak *Tetraselmis* sebesar 15–23%, sedangkan *Botryococcus braunii* sebesar 44,5–85% (Borowitzka, 1992). Kandungan minyak nabati yang tinggi mengindikasikan kandungan senyawa asam lemak yang tinggi dalam mikroalga. Semakin banyak kandungan asam lemak dalam suatu bahan, maka semakin besar pula biodiesel yang dihasilkan (Zuhdi & Sukardi, 2005).

Jenis mikroalga *Botryococcus braunii* adalah satu-satunya mikroalga yang menghasilkan hidrokarbon dalam jumlah yang cukup banyak, yaitu sekitar 80% dari berat keringnya. Hidrokarbon *Botryococcus braunii* terletak di luar selnya di dalam matriks koloni (Kabinawa, 2001). *Botryococcus* mampu menghasilkan hidrokarbon dengan rantai C₂₃–C₄₀, misalnya n-alkadiena dan n-alkena. Kemampuan ini membuat *Botryococcus braunii* amat potensial sebagai sumber bahan bakar cair terbarukan, menggantikan bahan bakar minyak fosil, seperti minyak bumi, gas, dan batu bara. Dengan menghasilkan senyawa hidrokarbon jenis alkana, mikroalga dapat dijadikan pilihan sebagai sumber energi masa depan yang dapat berperan dalam

pengembangan bioenergi, terutama biohidrogen yang bersumber dari mikroalga perairan air tawar ataupun laut. Mikroalga yang terkenal sebagai penghasil hidrokarbon, sumber biodiesel ini, adalah diatom dan *Chlorophyta*, seperti *Botryococcus braunii* (Kabinawa, 2001).

Nannochloropsis juga merupakan ganggang mikroskopis dari kelas *Chlorophyceae* yang mempunyai kandungan minyak cukup tinggi. Menurut Borowitzka (1992) kelas *Chlorophyceae* mempunyai kandungan minyak berkisar antara 1–70%. *Nannochloropsis* cukup banyak dan melimpah di daerah tropis termasuk Indonesia, mudah dibudidayakan di seluruh *hatchery* sebagai pakan larva ikan, kekerangan dan biota laut lainnya. Oleh sebab itu selain jenis *Botryococcus braunii* perlu pula diketahui apakah jenis *Nannochloropsis* ini cukup potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku biofuel.

Produksi biodiesel dari mikroalga meliputi 4 tahap penting yaitu kultivasi biomassa, pemisahan biomassa dari media, ekstraksi minyak dan transesterifikasi minyak menjadi produk akhir (Lee *et al.*, 2010). Keempat tahapan ini sangat penting diperhatikan untuk diperoleh rendemen minyak dalam jumlah yang banyak. Ketangguhan dinding sel dan membran sel mikroalga membuat lipid tidak mudah diekstraksi sehingga dibutuhkan energi besar yang intensif untuk merusak sel tersebut (Lee *et al.*, 2012).

Dari berbagai keuntungan yang dimiliki alga mikroskopis mempunyai potensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan baku biofuel, namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, khususnya berkaitan dengan teknik pemecahan dinding sel dan proses ekstraksi menggunakan pelarut untuk memperoleh jumlah minyak yang maksimum.

BAHAN DAN METODE

Kultivasi dan Pemanenan Mikroalga

Kultivasi starter mikroalga *Botryococcus braunii*, dan *Nannochloropsis* dilakukan di dalam laboratorium menggunakan air laut dengan kadar garam 25 ppt di dalam wadah ukuran 30 liter. Wadah-wadah ditempatkan pada suhu ruang terkontrol (25 °C) menggunakan cahaya lampu neon pada intensitas 2000 lux. Hasil kultivasi starter skala laboratorium kemudian ditebarkan pada kultur skala massal di luar ruangan dalam wadah kapasitas 1000 liter menggunakan air laut berkadar garam 25 ppt, aerasi terus menerus dan cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Pada kultivasi skala laboratorium ataupun skala massal digunakan pupuk Conwy (Fogg & Thake

1987; Amini, 2004). Pertumbuhan sel mikroalga diamati kepadatan selnya menggunakan cara Oh-Hama & Miyachi (1992).

Pemanenan biomassa *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* dilakukan pada umur 4 hari kultivasi dengan cara mengendapkan/flokulasi biomasnya dengan penambahan NaOH sampai pH 9,0–11,0. Flokulan yang mengendap kemudian didiamkan selama 24 jam lalu disaring menggunakan kain satin atau *filterbag*. Hal tersebut dilakukan karena ukuran *Botryococcus braunii*, dan *Nannochloropsis* berkisar antara 3–5 µm. Biomassa mikroalga dalam bentuk flokulan dinetralkan terlebih dahulu dengan asam menjadi pH 7,0–8,0. Pengeringan biomassa *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* dengan cara penjemuran di atas kain satin. Kadar air dari biomassa mikroalga kering dihitung berdasarkan metode AOAC (1999). Hasil panen biomassa mikroalga tersebut dipersiapkan untuk dipecah dinding selnya menggunakan sonikator dan *microwave* sebelum diekstrak minyaknya.

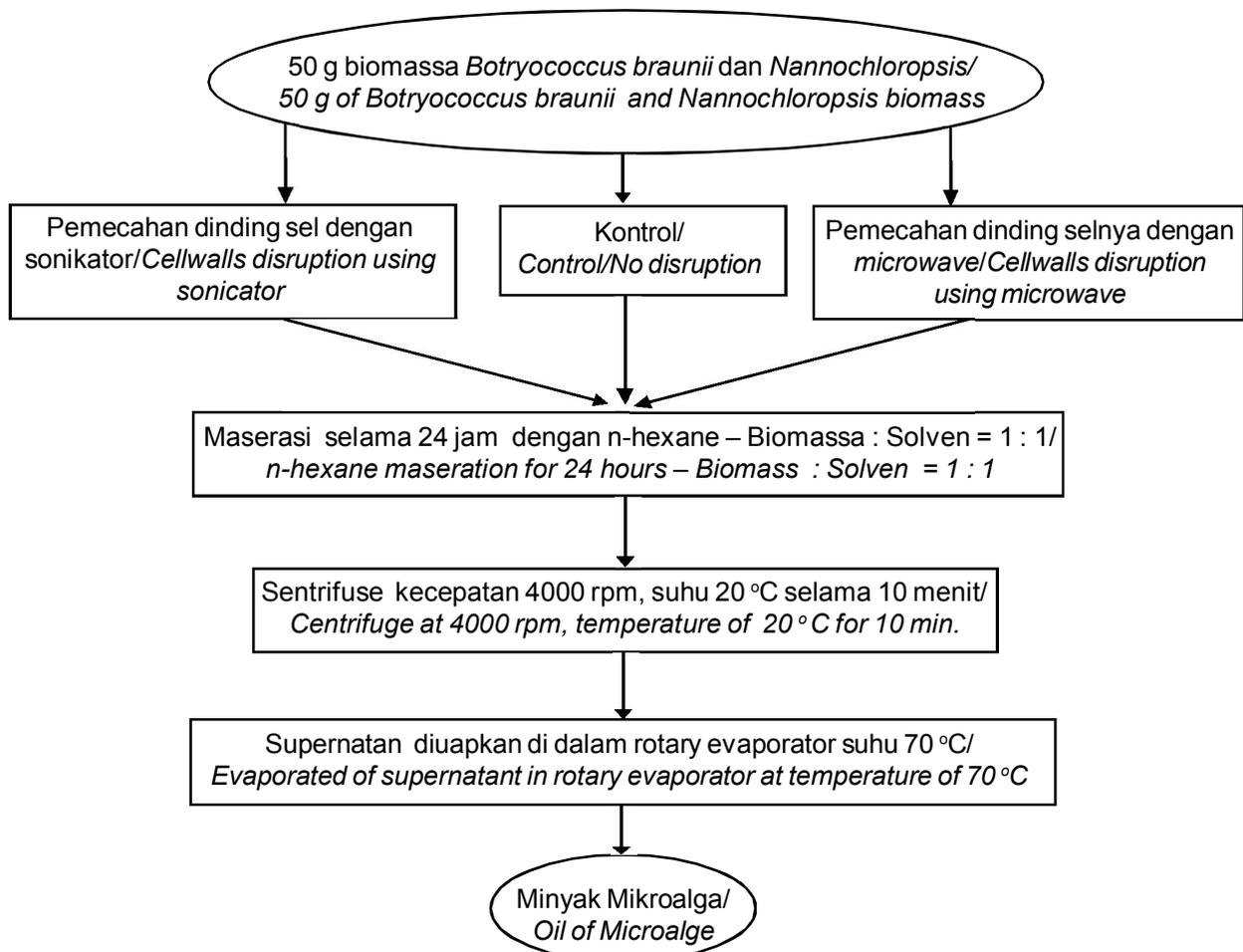
Cara Pemecahan Dinding Sel Mikroalga

Pemecahan dinding sel *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* menggunakan sonikator dilakukan dengan frekuensi 20 KHz suhu mencapai 70 °C. Sedangkan pemecahan *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* menggunakan *microwave* dilakukan dengan frekuensi 2540 MHz suhu mencapai 90 °C.

Terpecahnya dinding sel dapat diketahui melalui foto scanning menggunakan alat SEM di Laboratorium LIPI Cibinong.

Ekstraksi Minyak Mikroalga

Ekstraksi minyak dilakukan dengan modifikasi metode *Algae Oil Extraction*, com. 26/12/2006 (Banerjee et al., 2002; Anon., 2006; Dayananda et al., 2007), menggunakan pelarut heksana. Biomassa mikroalga dari jenis *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* yang telah dipecah dinding selnya diekstrak menggunakan n-heksana untuk mengeluarkan minyaknya (Gambar 1).



Gambar 1. Skema ekstraksi minyak mikroalga.
Figure. 1. Scheme of microalgae oils extractions.

Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan mikroalga jenis *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* yang dipecah dinding selnya menggunakan sonikator dan microwave dan yang tanpa pemecahan sebagai kontrol. Percobaan dilakukan dengan 4 kali ulangan.

Parameter yang diamati

Pada penelitian ini diamati parameter kepadatan sel selama kultivasi menggunakan *haemocytometer* pada mikroskop, terpecahnya dinding sel menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscop*), jumlah minyak hasil ekstraksi (AOAC, 1999) dan komposisi asam lemak menggunakan GCMS (Borowitzka, 1992 dan Puspita, 2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

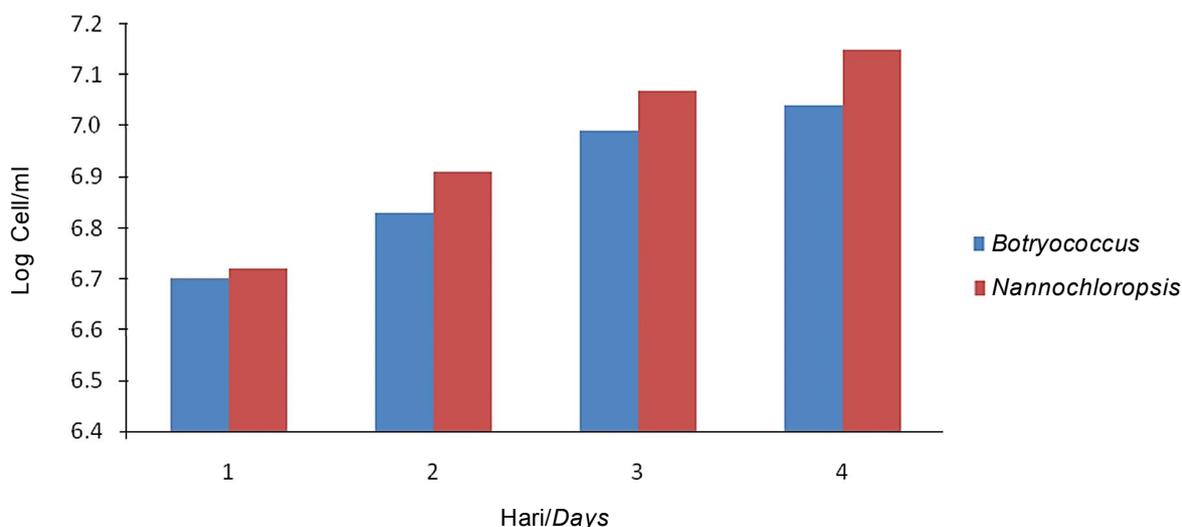
Kepadatan sel *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis*

Hasil kultivasi mikroalga di dalam media 1000 liter air laut yang dipanen pada umur 4 hari pemeliharaan, menghasilkan kepadatan sel *Botryococcus braunii* log 7,04 sel/ml dan *Nannochloropsis* adalah log 7,15 sel/ml (Gambar 2). Pemberian pupuk Conwy yang sama pada media kultivasi menghasilkan jumlah kepadatan sel berbeda. Hal ini sebab setiap spesies mikroalga mempunyai laju pertumbuhan yang berbeda. Pemanenan mikroalga pada hari ke-4 kultivasi dilakukan karena kepadatan sel sudah mencukupi (log 7,0). Bila ditangguhkan pemanenannya maka pertumbuhan biomassa dapat

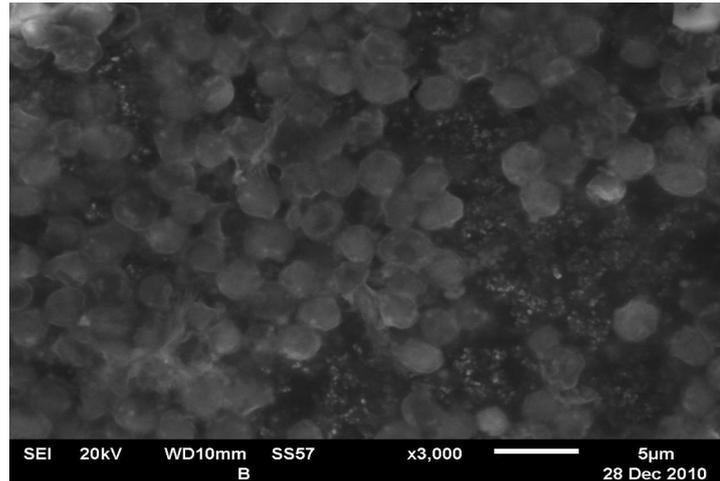
mengalami penurunan sehingga kepadatan menjadi rendah bahkan mengakibatkan kematian. Hal ini disebabkan komposisi nutrient yang dibutuhkan oleh sel mikroalga di dalam media tumbuh sudah berkurang yang dapat mengakibatkan fase konstan (*stasionary phase*) menjadi lebih cepat dan diikuti fase kematian yang ditunjukkan dengan warna bening dan selnya menjadi hilang seketika (Amini, 2004). Pada penelitian ini pemanenan dilakukan pada fase eksponensial. Sepanjang masa pertumbuhan eksponensial koloni alga *Botryococcus braunii* memiliki warna hijau karena mengandung klorofil a dan b, serta memiliki kandungan hidrokarbon antara 20–33% dari berat tubuhnya (Brown, Knigh, and conwan, 1969; Wolf, 1983 dalam Nurhadiati, 2008) umumnya hidrokarbon yang dihasilkan memiliki jumlah karbon C27-C31 dan mayoritas berupa olein. Kultivasi dalam jumlah besar (volume media 1000 liter) yang dilakukan di luar ruangan mempunyai waktu pertumbuhan yang cepat dan maksimum pertumbuhannya hanya 7 hari. Bila dibandingkan kultivasi di dalam ruangan terkontrol dengan cahaya lampu neon pertumbuhannya dapat mencapai 2 sampai 3 minggu, dengan kepadatan optimum dapat mencapai log 8,0 sel/ml (Amini, 2005).

Hasil Pemecahan Dinding Sel *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis*

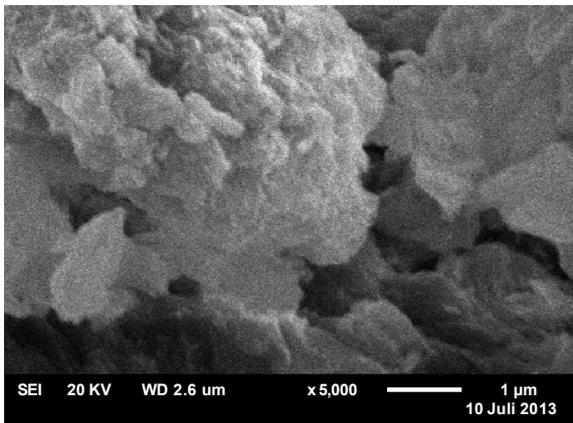
Hasil pemecahan dinding sel maupun tanpa pemecahan dinding sel mikroalga (kontrol) yang diamati menggunakan SEM dapat dilihat pada Gambar 3–8. Sel mikroalga yang dipecah dinding selnya menggunakan *microwave* dan sonikator menunjukkan sel hancur seperti gumpalan putih yang terlihat jelas pada Gambar 4, 5, 7, dan 8. Sedangkan



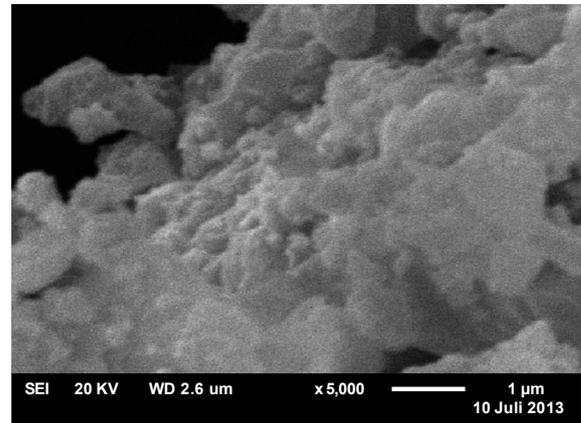
Gambar 2. Kepadatan sel mikroalga di dalam volume media air laut (1000 liter).
Figure 2. Cell density of microalgae in sea water (1000 litre).



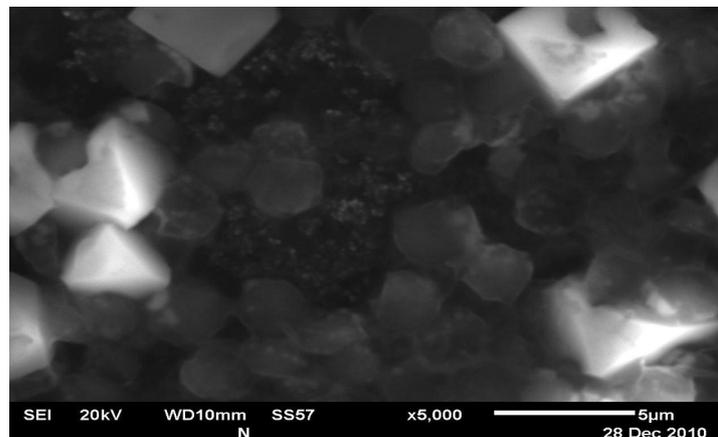
Gambar 3. Sel *Botryococcus braunii* ukuran 2–3 µm (kontrol).
Figure 3. *Botryococcus braunii* cells size of 2–3 µm (control).



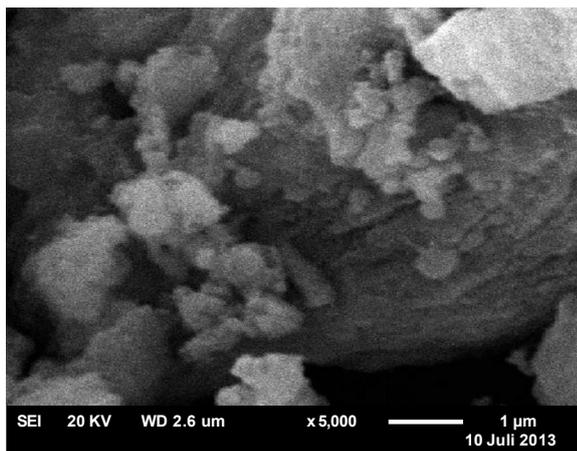
Gambar 4. Sel *Botryococcus braunii* hasil pemecahan menggunakan *microwave*, frekuensi 2540 MHz.
Figure 4. *Botryococcus braunii* cell treated by *microwave*, frequency of 2540 MHz



Gambar 5. Sel *Botryococcus braunii* hasil pemecahan menggunakan sonikator, frekuensi 20 KHz.
Figure 5. *Botryococcus braunii* cell treated by sonicator, frequency 20 KHz.

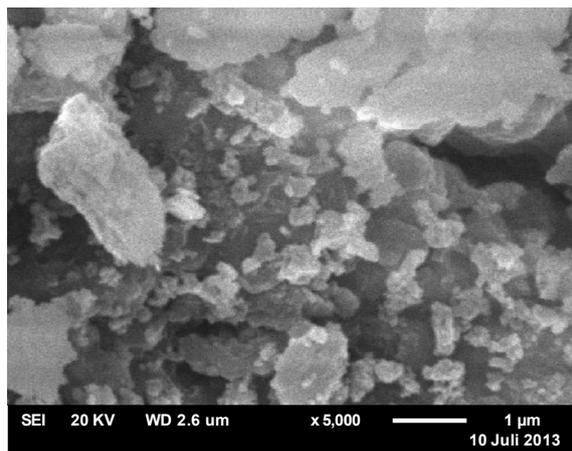


Gambar 6. Sel *Nannochloropsis* (kontrol) ukuran sel 3–5 µm.
Figure 6. *Nannochloropsis* cell (kontrol) cell size 3–5 µm.



Gambar 7. Sel *Nannochloropsis* hasil pemecahan menggunakan *microwave* (frekuensi 2540 MHz).

Figure 7. *Nannochloropsis* treated by *microwave* (frequency of 2540 MHz).



Gambar 8. Sel *Nannochloropsis* hasil pemecahan menggunakan sonikator (frekuensi 20 KHz).

Figure 8. *Nannochloropsis* cell treated by sonicator (frequency of 20 KHz).

pada perlakuan kontrol yang tidak dipecah dinding selnya mikroalga jenis *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* masih berbentuk bulat-bulat seperti terlihat pada Gambar 3 dan 6.

Gambar SEM (*Scanning Electron Microscop*) menunjukkan bahwa sel-sel *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* yang berukuran 2–3 µm dan 3–5 µm telah terpecah dengan sempurna setelah mendapat perlakuan pemecahan dinding sel, sehingga minyak pada bagian vacuola tempat penyimpanan minyak pada sel-sel mikroalga dapat keluar.

Persentase Minyak Mikroalga

Biomassa kering mikroalga jenis *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* yang telah dipecah dinding selnya menggunakan perlakuan *microwave* dan sonikator kemudian diekstrak minyaknya. Hasil minyak yang diperoleh dari 2 jenis mikroalga yaitu

Botryococcus braunii dan *Nannochloropsis* dapat dilihat pada Tabel 1. Jumlah minyak mikroalga dengan perlakuan pemecahan dinding sel menggunakan sonikator dan *microwave* menunjukkan hasil berbeda. Jumlah minyak dari hasil pemecahan dinding sel mikroalga *Botryococcus braunii* menggunakan sonikator sebesar 22,24%, sedangkan *Nannochloropsis* sebesar 11,92%. Hal tersebut karena ukuran sel *Botryococcus braunii* lebih kecil (2–3 µm) dibandingkan *Nannochloropsis* (4–5 µm) sehingga dengan pemanasan suhu 70 °C dengan frekwensi 20 KHz dapat menekan sumber minyak yang tersimpan di dalam vacuola yang terdapat didalam selnya. Sebaliknya pada pemecahan dinding sel menggunakan *microwave* jumlah minyak yang lebih besar diperoleh dari jenis *Nannochloropsis* yaitu 16,54% dibandingkan dengan *Botryococcus braunii* (7,92%). Hal ini dimungkinkan karena sinar radiasi *microwave* dengan frekwensi 2540 MHz pada suhu

Tabel 1. Persentase minyak mikroalga dengan perlakuan pemecahan dinding sel dan kontrol (% bobot kering)

Table 1. Oil percentage of microalgae by using cell walls disruption treatments and control (% dry weight)

Spesies Mikroalga/ Mikroalga Species	Kontrol/Control	Metode Pemecahan/Breaking Method	
		Sonicator	Microwave
<i>Botryococcus braunii</i>	0.840 + 0.496	22.24 + 2.682	7.92 + 1.945
<i>Nannochloropsis</i>	1.540 + 0.768	11.92 + 3.063	16.54 + 2.925

90 °C lebih mudah menembus dinding sel *Nannochloropsis* yang mempunyai ukuran 3–5 µm dengan permukaan membrane sel yang lebih luas dari *Botryococcus braunii*. Sedangkan membran dinding sel *Botryococcus braunii* dengan ukuran lebih kecil (2–3 µm) mempunyai luas permukaan sel yang lebih kecil. Pada kontrol tanpa pemecahan dinding sel jumlah minyak yang diperoleh dari 2 jenis mikroalga cukup rendah yaitu *Botryococcus braunii* = 0,84% dan *Nannochloropsis* = 1,54%. Menurut Borowitzka (1992) kelas Chlorophyceae termasuk jenis *Nannochloropsis* mempunyai kandungan minyak berkisar antara 1–70%. Namun demikian kandungan minyak *Nannochloropsis* pada penelitian ini masih rendah. Hal tersebut dimungkinkan karena proses maserasi dengan n-heksana belum sempurna menembus membran vacuola sebagai tempat sumber minyak di dalam sel (Amini, 1999, 2003, 2005). Hal tersebut didukung pernyataan Darwis (2000) dan Susiloningsih (1999) bahwa proses maserasi ekstraksi yang lama akan menghasilkan rendemen minyak yang semakin

tinggi. Namun demikian pada penelitian ini maserasi dalam n-heksana yang dilakukan selama 24 jam pada perlakuan kontrol (tanpa pemecahan dinding sel) dari *Nannochloropsis* dan *Botryococcus braunii* masih menghasilkan jumlah minyak yang rendah, sehingga untuk mendapatkan minyak dalam jumlah yang lebih besar diperlukan waktu maserasi lebih dari 24 jam.

Kandungan Asam Lemak

Analisis jenis asam lemak pada penelitian ini dilakukan hanya pada rendemen minyak yang tinggi yaitu dari jenis *Botryococcus braunii* dengan pemecahan dinding sel menggunakan sonikator dan dari *Nannochloropsis* dengan pemecahan dinding sel menggunakan microwave. Sebagaimana diketahui bahwa jenis-jenis asam lemak merupakan penyusun utama minyak nabati atau lemak. Asam lemak dapat dibedakan menjadi asam lemak jenuh (*saturated fatty acids* = SAFA) yaitu asam lemak yang tidak memiliki ikatan rangkap dan asam lemak tidak jenuh

Tabel 2. Hasil analisis asam lemak mikroalga (%)
Table 2. The results of fatty acid contents of microalgae (%)

No	Kandungan Asam Lemak/ Fatty Acid Contents	<i>Botryococcus</i>	<i>Nannochloropsis</i>
Asam lemak jenuh/Saturated fatty acid			
1	<i>Miristic C14</i>	10	6
2	<i>Stearic C18</i>	18	21
3	<i>Palmitic C16</i>	5	9
4	<i>Behenic C22</i>	1	1
5	<i>Arachidic C20</i>	4	2
	<i>Total</i>	38	39
Asam lemak tidak jenuh/Unsaturated fatty acid			
6	<i>Oleic C18</i>	8	8
7	<i>Vak senic C14</i>	1	1
8	<i>Palmitoleic C18₁</i>	6	6
9	<i>Linoleic C 18₂</i>	9	6
10	<i>Linolenic C 18₃</i>	1	2
11	<i>Oleic -tetraenoic C 18₄</i>	0	0
12	<i>Arachidonic C 20₄</i>	5	2
13	EPA	4	4
14	DHA	9	9
	<i>Total</i>	43	38
15	Lain-lain/ <i>Others</i>	20	23

monounsaturated fatty acid (MUFA) dan *polyunsaturated fatty acid* (PUFA) yang memiliki ikatan rangkap. Hasil analisis asam lemak pada jenis *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* dapat dilihat pada Tabel 2. Jenis asam lemak jenuh (*saturated fatty acids*) pada *Botryococcus braunii* terdiri atas asam miristat 10%, asam stearat 18%, palmitat 5%, behenat 1% dan arachidat 4% dengan jumlah total 38%. Sedangkan jenis asam lemak jenuh pada *Nannochloropsis* antara lain asam miristat 6%, asam stearat 21%, palmitat 9%, behenat 1% dan arachidat 2% dengan jumlah total 39%. Asam lemak tidak jenuh (*unsaturated fatty acid*) dari *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* diketahui terdiri dari asam oleat, vaksenat, palmitoleat, linoleat, linolenat, arachidonat, EPA dan DHA yang mempunyai proporsi berturut turut 43 dan 38% (Tabel 2). Meskipun proporsi asam lemak jenuh pada *Botryococcus braunii* lebih rendah dari asam lemak tidak jenuhnya dan proporsi asam lemak jenuh *Nannochloropsis* setara dengan asam lemak tidak jenuhnya, namun jenis mikroalga ini mempunyai peluang untuk dikembangkan sebagai penghasil bahan baku biofuel. Hal ini didukung oleh penelitian Puspita (2009) yang menyatakan bahwa minyak kelapa sawit yang mengandung asam lemak jenuh setara 50% berpeluang sebagai bahan pembuatan biodiesel.

KESIMPULAN

Kepadatan sel mikroalga *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* yang dikultivasi selama 4 hari pemeliharaan menunjukkan jumlah masing-masing sebesar log 7,04 sel/ml dan log 7,15 sel/ml.

Jumlah minyak dengan perlakuan pemecahan dinding sel menggunakan sonikator pada *Botryococcus braunii* sebesar 22,24%; dan *Nannochloropsis* sebesar 11,92%. Sedangkan pada pemecahan dinding sel menggunakan microwave jumlah minyak hasil ekstraksi dari jenis *Nannochloropsis* sebesar 16,54% dan *Botryococcus braunii* sebesar 7,92%. Pada kontrol (tanpa pemecahan dinding sel) jumlah minyak dari 2 jenis mikroalga sangat rendah yaitu *Botryococcus braunii* 0,84% dan *Nannochloropsis* 1,54%.

Proporsi asam lemak jenuh dari mikroalga *Botryococcus braunii* sebesar 38% yang terdiri dari asam miristat 10%, asam stearat 18%, palmitat 5%, behenat 1% dan arachidat 4%. Sedangkan pada *Nannochloropsis* proporsi asam lemak jenuhnya adalah asam miristat 6%, asam stearat 21%, palmitat 9%, behenat 1% dan arachidat 2% dengan jumlah total 39%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amini. (1999). The structur of I.galbana T-Iso in Studies on the Culture of Isochrysis galbana clone Tahiti. Department of Biological Sciences. Univ. College of Swansea. U.K. p. 114–120.
- Amini. (2003). *Penelitian Kandungan Asam Lemak pada Ganggang Halus Laut dari Jenis T. iso, Pavlova luteri, dan Tetraselmis, sp. sebagai Pakan Larva Biota Laut*. Seminar Nasional Perikanan Indonesia 8-9 Oktober. STP, Jakarta. 10 pp.
- Amini. (2004). *Pengaruh Umur Ganggang Halus Laut Jenis Chlorella, sp. dan Dunaliella, sp. terhadap Pigmen Klorofil dan Karotenoid sebagai Bahan Baku Makanan Kesehatan*. Seminar Nasional & Temu Usaha, Fakultas Pertanian Universitas Sahid, Jakarta. p. 229–238.
- Amini. (2005). *Skrining Mikroalga Penghasil Kandungan Asam Lemak Omega-3*. Seminar Nasional Perikanan Indonesia. Makalah Utama. Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta. p. 260–275.
- Anonim. (2006). Algae oil extraction. www.oilgae.com/algae/oil/extract/extract.html. diakses tanggal 26 Desember 2006.
- AOAC. (1999). *Official Methods of Analysis*. 13rd ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington D.C.
- Banerjee, A., Sharma, R., Chisty, Y., & Banerjee, U.C. (2002). *Botryococcus braunii*: A renewable source of hydrocarbons and other chemicals. *Critical Reviews in Biotechnology*. (22)3: 245–279.
- Borowitzka, M.A. (1992). *Fats, Oils, and Hydrocarbons*. Micro-algal. Biotechnology. Section The Algae Cambridge Univ. Press. p. 257–287.
- Brown, A.C., Knights, P.A. & Conwy, E. 1969. Hydrocarbon content and its relationship to physiological state in the green alga *Botryococcus braunii*. *Phytochemistry*. 8: 543–547.
- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances* 25. Elsevier Inc. New Zealand p. 294–306.
- Dayananda, C., Sarada, R., Kumar, V., and Ravishankar, G.A. (2007). Isolation and characterization of hydrocarbon producing green alga *Botryococcus braunii* from Indian freshwater bodies. *Electronic Journal of Biotechnology*. 10(1): 80–91.
- Darwis, D. (2000). *Teknik dasar Laboratorium dalam Penelitian Senyawa Bahan Alam Hayati. Workshop Pengembangan Sumber Daya Manusia dalam Bidang Kimia Organik Bahan Alam Hayati*. FMIPA Universitas Andalas Padang. 30 pp.
- Fogg, G.E. & Thake, B. (1987). *Algae Culture and Phytoplankton Ecology. Second Edition*. The University of Winconsin Press. London. 20 pp.
- Lee, J., Yoo, C., Jun, S., Ahn, C. & Oh, H. (2010). Comparison of several methods for effective lipid extraction from microalgae. *Bioresource Technology*, 101: 575–577.
- Lee, A.K., Lewis, D.M., & Ashman, P.J. (2012). Disruption of microalgal cells for the extraction of lipids for

- biofuels. *Australia Biomass and Bioenergy*. 46: 89–101.
- Oh-Hama, T. & Miyachi, S. (1992). *Chlorella: Micro-Algal Biotechnology*. In Borowitzka, M.A. and Borowitzka, L.J. Cambridge. Univ. Press.
- Panggabean, L.G.M. (1998). Mikroalga: Alternatif pangan dan bahan industri di masa mendatang. *Oseana*. 13 (1): 19–26.
- Puspita, T. (2009). *Ekstraksi Minyak Nabati Mikroalga Laut Jenis Botryococcus braunii dan Tetraselmis sp. Menggunakan Pelarut yang Berbeda*. Skripsi. FMIPA UIN, Jakarta. 65 pp.
- Kabinawa, I.N.K. (2008). Biodiesel energi terbarukan. *Warta Pertamina*. 9: 31–35.
- Kabinawa, I.N.K. (2001). *Mikroalga sebagai Sumber Daya Hayati (SDH) Perairan dalam Perspektif Bioteknologi*. Puslitbang Bioteknologi LIPI. Bogor. p. 5–13.
- Nurhadiati. (2008). *Fiksasi CO₂ Menggunakan Mikroalga Botryococcus braunii Pada Bioreaktor Up Lift*. Skripsi. Fakultas Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung.
- Susiloningsih, E.K.B. (1999). *Kinetika Ekstraksi Minyak Biji Kacang Tanah Utuh dengan Pelarut Heksana*. Universita Gajah Mada, Yogyakarta. 20 pp.
- Zuhdy & Sukardi. (2005). *Alga sebagai Salah Satu Alternatif Bahan Baku Biodiesel di Indonesia*. Institut Teknologi. Surabaya. 10 pp