

## Pemilihan Metode Ekstraksi Minyak Alga dari *Chlorella sp.* dan Prediksinya sebagai Biodiesel

<sup>1,2</sup>Orchidea Rachmaniah, <sup>1</sup>Reni Dwi Setyarini & <sup>1</sup>Lailatul Maulida

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111

**Abstrak.** Wacana mengenai potensi mikroalga sebagai bahan baku pembuatan biodiesel yang menjanjikan mengundang banyak pendapat para ahli, baik pendapat yang pro ataupun kontra. Tanpa memperhatikan argumentasi dari kedua pendapat tersebut, peneliti mencari metode ekstraksi minyak yang tepat dari mikroalga, khususnya *Chlorella sp.*. Mengingat proses ekstraksi merupakan salah satu proses yang digunakan untuk memperoleh minyak dari biomassa mikroalga yang pada akhirnya diubah menjadi biodiesel. Biomassa mikroalga memiliki kandungan air cukup tinggi 70-90%, oleh sebab itu diperlukan metode ekstraksi yang tepat untuk dapat mengekstrak minyak alga semaksimal mungkin. Evaluasi terhadap keefektifan empat metode ekstraksi yang berbeda: Bligh Dyer, Bligh Dyer modifikasi, sokhletasi dan osmotik *shock* terhadap biomassa kering dan basah (kadar air 71,8%) dari *Chlorella sp.* dilakukan dalam penelitian ini. Yield minyak alga tertinggi sebesar 48,37% diperoleh dengan menggunakan osmotik *shock* (HCl 5 M) sebagai metode ekstraksi menggunakan biomassa kering dari *Chlorella sp.*. Asam Laurat dan Asam Palmitat, berturut-turut, sebesar 23,17% dan 76,83% merupakan jenis asam lemak terbesar yang terdapat di dalam minyak alga dari *Chlorella sp.*. Berdasarkan sifat-sifat fisik dari masing-masing asam lemak penyusunnya, minyak mikroalga dari *Chlorella sp.* ini sangatlah berpotensi untuk dijadikan biodiesel sesuai dengan standar mutu biodiesel yang ada (ASTM dan FBI).

**Kata kunci:** *Bligh dyer, Chlorella sp., ekstraksi, osmotik shock, sokhletasi.*

### 1 Pendahuluan

Seiring dengan laju pertumbuhan kendaraan bermotor konsumsi BBM makin meningkat. Tingkat konsumsi terhadap minyak rata-rata naik 6 % pertahun [21]. Konsumsi terbesar adalah minyak diesel (solar) yang mencapai 22 juta kiloliter pada tahun 2002 [20], sedangkan produksi minyak bumi Indonesia saat ini tinggal 942.000 barrel perhari [11]. Oleh karena itu, untuk memenuhi tingkat konsumsi terhadap minyak dan mendorong pengembangan serta pemanfaatan energi alternatif terbarukan, bakar nabati (BBN), diantaranya biodiesel dan bioetanol.

Konsep pemilihan bahan baku untuk pembuatan biodiesel ditujukan untuk memenuhi kekurangan bahan baku yang ada. Mikroalga dicoba untuk dikembangkan sebagai salah satu alternatif bahan baku pembuatan biodiesel mengingat mikroalga adalah salah satu potensi alam Indonesia. Mikroalga mengandung minyak nabati yang sangat tinggi,

bahkan beberapa diantaranya mempunyai kandungan minyak lebih dari 50% [7]. Kandungan minyak nabati yang besar mengidentifikasi tingginya kandungan asam lemak dalam alga [10]. Semakin banyak kandungan asam lemak dalam suatu bahan maka semakin besar pula potensi bahan tersebut untuk dapat menghasilkan biodiesel [25].

Mikroalga dapat hidup hampir di semua tempat yang memiliki cukup sinar matahari, air dan CO<sub>2</sub>. Diperkirakan mikroalga mampu menghasilkan minyak 200 kali lebih banyak dibandingkan dengan tumbuh-tumbuhan penghasil minyak (kelapa sawit, jarak pagar, dll) pada kondisi terbaiknya. Semua jenis alga memiliki komposisi kimia sel yang terdiri dari protein, karbohidrat, asam lemak dan asam nukleat. Komponen asam lemak inilah yang akan diekstraksi dan diubah menjadi biodiesel. Penelitian tentang mikroalga sebagai penghasil minyak telah banyak dilakukan di negara-negara lain (China, Korea, Taiwan, New Zealand, dll). Namun hal tersebut belum diminati di Indonesia.

Zhu, dkk [26] telah melakukan ekstraksi minyak *Mortiella alpine* dengan metode Bligh Dyer modifikasi dan diketahui bahwa biomassa kering memberikan yield minyak yang lebih tinggi dibandingkan biomassa basah. Peneliti lain juga telah melakukan ekstraksi minyak dari mikroalga *Chlorella protothecoides* menggunakan pelarut n-heksan dan mengolahnya lebih lanjut menjadi biodiesel menggunakan katalis asam [24]. Jae-Yon Lee, dkk [18] melakukan penelitian tentang perbandingan perusakan sel mikroalga sebelum dilakukan metode ekstraksi untuk mendapatkan minyak alga dan memberikan hasil bahwa metode perusakan sel menggunakan *microwave* merupakan metode perusakan sel yang paling sederhana, mudah, efisien serta menghasilkan lipid tertinggi. *Chlorella sp.* dipilih untuk digunakan dalam penelitian ini karena jenis ini mudah tumbuh dan telah dibudidayakan di Indonesia. Sedangkan berbagai penelitian yang telah dilakukan belum mendapatkan metode yang tepat untuk mengekstraksi minyak alga. Selain itu, metode ekstraksi yang digunakan bergantung pada jenis mikroalga yang akan diekstrak. Penelitian ini mempelajari tentang beberapa metode ekstraksi untuk mendapat metode yang tepat sehingga diperoleh minyak alga dengan yield tertinggi.

## 2 Metodologi Penelitian

### 2.1 Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan supernatan *Chlorella sp.* (kadar air 71,8%) yang selanjutnya disebut sebagai kondisi basah dan *Chlorella sp.* kering. Bahan *Chlorella sp.* kering diperoleh setelah supernatan *Chlorella sp.* dikeringkan dengan *freeze drying* selama 15 jam, suhu -40°C dan berukuran lolos 100 mesh. Bahan biomassa *Chlorella sp.* disediakan oleh Balai Budidaya Air Payau (BBAP) di Situbondo.

Bahan baku yang digunakan baik kondisi basah dan kering, sebelumnya dianalisa kadar air, protein dan minyaknya. Sedangkan minyak alga yang diperoleh diketahui komposisi

## Pemilihan Metode Ekstraksi Minyak Alga dari *Chlorella sp.* dan Prediksinya sebagai Biodiesel

asam lemaknya menggunakan analisa gas kromatografi menggunakan prosedur berikut: sampel minyak alga dilarutkan dalam heksana dan 1-5  $\mu\text{L}$  yang diinjeksikan kedalam GC (Shimadzu, seri: GC-9 AM) yang dilengkapi kolom DEGS (Diethylene Glycol Succinate) dengan detector FID. Panjang kolom yang digunakan 2x3 mm ID. Suhu antara injeksi dan detektor sebesar 250°C. Suhu kolom sekitar 170-210°C dengan kenaikan suhu 8°C/menit. Gas pembawa yang berupa nitrogen ( $\text{N}_2$ ) dengan tekanan 1,5  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . Tekanan udara dan tekanan hidrogen sebesar 0,5  $\text{kg}/\text{cm}^2$  dan 0,6  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

### 2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini memilih empat macam metode ekstraksi: metode ekstraksi Bligh Dyer [6], metode Bligh Dyer modifikasi [18], metode sokhletasi dan osmotik *shock*. Metode sokhletasi menggunakan pelarut n-heksan sedangkan pada metode osmotik *shock* digunakan larutan HCl 5 M dengan waktu perendaman 3 jam. Masing-masing metode dihitung yield minyak alga yang diperoleh untuk digunakan sebagai dasar pemilihan metode ekstraksi yang tepat. Metode ekstraksi yang tepat untuk minyak alga ini dipilih berdasarkan perolehan yield yang tertinggi.

### 3 Hasil dan Pembahasan

*Chlorella sp.* sebagai bahan utama penelitian dianalisa terlebih dahulu untuk mengetahui komposisi awal yang ditampilkan pada Tabel 1. Diketahui bahwa *Chlorella sp.* dalam kondisi kering memiliki kadar lemak yang lebih tinggi (17,18%) dibandingkan dengan kondisi basah (kadar air 71,8%). Yang mana hasil analisa tersebut sedikit berbeda dengan data dari Khan dkk. [16]. Penelitian ini, tidak melakukan identifikasi strain *Chlorella sp.* air tawar digunakan secara detail. Analisa terhadap bahan baku yang digunakan *Chlorella sp.* Dilakukan untuk mengetahui kadar minyak dan airnya dan ditampilkan pada Tabel 1 berikut. Tabel 1 menunjukkan terdapat 23,48% senyawa lain yang tidak dianalisa, komponen tersebut dimungkinkan berupa karbohidrat, asam nukleat, dan sebagainya. Sedangkan analisa protein yang dilakukan menggunakan metode Kiedhal dan diperoleh sebagai %-N. *Chlorella sp.* memiliki tiga kelompok lemak di dalam tubuhnya: (1) lemak-lemak netral; (2) glikolipid yang tersimpan di dalam membran; dan (3) lemak-lemak polar di dalam membran plasma [14]. Lemak-lemak netral tersebut: trigliserida (TGs), Digliserida (DGs), Monogliserida (MGs), Asam lemak bebas (*Free Fatty Acids*/FFAs) dan *Waxes*; sedangkan lemak-lemak polar: glikolipid dan fosfolipid (Ju dan Vali, 2005). Yang mana akumulasi lemak-lemak netral di dalam mikroalga tersebut berpotensi sebagai salah satu sumber bahan baku pembuatan biodiesel [14], [9], [16]. Lemak-lemak netral yang dianalisa dalam penelitian ini adalah *Free Fatty Acids*/asam lemak bebas saja dan profile analisa asam lemak bebas tersebut ditampilkan pada Tabel 4.

Menurut Chisti [9], mikroalga memiliki potensi yang cukup besar sebagai pengganti petrofuel mengingat mikroalga memiliki waktu tumbuh yang relatif cepat (tumbuh menjadi dua kalinya dalam 3,5 jam) dan kandungan minyak tinggi. *Chlorella sp.*

memiliki kandungan minyak sebesar 28-32%-berat [9] dan [16]. Sedangkan Byung-Hwan Um, dan Young-Soo Kim [8] menyebutkan bahwa *Chlorella vulgaris* memiliki kandungan (dalam %-berat bahan kering) protein 51–58%, karbohidrat 12–17%, lemak 14–22%, dan asam nukleat 4–5%. Kandungan dan komposisi minyak alga sangat bergantung jenis/spesies mikroalga yang digunakan, sebagaimana yang ditunjukkan oleh literatur lain Khan dkk. [16] Tabel 2. Penggunaan mikroalga sebagai bahan baku untuk produksi biodiesel diyakini tidak akan mengganggu kebutuhan *stock* bahan baku untuk produksi makanan.

Tabel 1 Analisa kandungan bahan baku *Chlorella sp.* yang digunakan.

Komponen (% berat)	Hasil Analisa	
	Basah	Kering
Protein	0,48	0,79
Minyak	4,24	17,18
Kadar air	71,8	N.A
Lain-lain	23,48	N.A

N.A = not analyzed

Tabel 2 Profil *Chlorella sp.* [16].

Jenis strain	Habitat	Produktivitas	Kandungan	Produktivitas
		Biomassa (g/L/hari)	minyak (% berat)	lemak (mg/L/hari)
<i>Chlorella sp.</i> F&M-M48		0,23	18,7	42,1
<i>C.sorokiniana</i> IAM-212	Air	0,23	19,3	44,7
<i>C.vulgaris</i> CCAP 211/11b	tawar	0,17	19,2	32,6
<i>C. vulgaris</i> F&M-M49		0,20	18,4	36,9

Tabel 3 menampilkan perolehan yield minyak dari berbagai metode ekstraksi yang digunakan (Bligh Dyer, Bligh Dyer modifikasi, sokhletasi dan osmotik *shock*). Terlihat bahwa ekstraksi dengan metode osmotik *shock* pada biomassa *Chlorella sp.* basah memberikan perolehan yield minyak tertinggi, 48,37% sedangkan dengan metode sokhletasi tidak didapatkan minyak sedikitpun untuk kondisi biomassa basah. Tidak adanya yield pada metode sokhletasi dengan bahan baku biomassa *Chlorella sp.* basah (kadar air 71,8%) disebabkan pelarut yang digunakan pada metode ini adalah n-heksan yang tidak saling larut dengan air. Hal ini menyebabkan n-heksan tidak dapat menembus struktur sel *Chlorella* dan pada akhirnya minyak didalam sel tidak berhasil terekstrak (Tabel 3). Kandungan air dalam dinding sel *Chlorella sp.* berlaku sebagaimana pelumas bagi sel sehingga sel memiliki modulus elastisitas yang tinggi, walaupun kandungan air telah dihilangkan dari biomass basah masih memiliki *interstitial* air [1].

## Pemilihan Metode Ekstraksi Minyak Alga dari *Chlorella sp.* dan Prediksinya sebagai Biodiesel

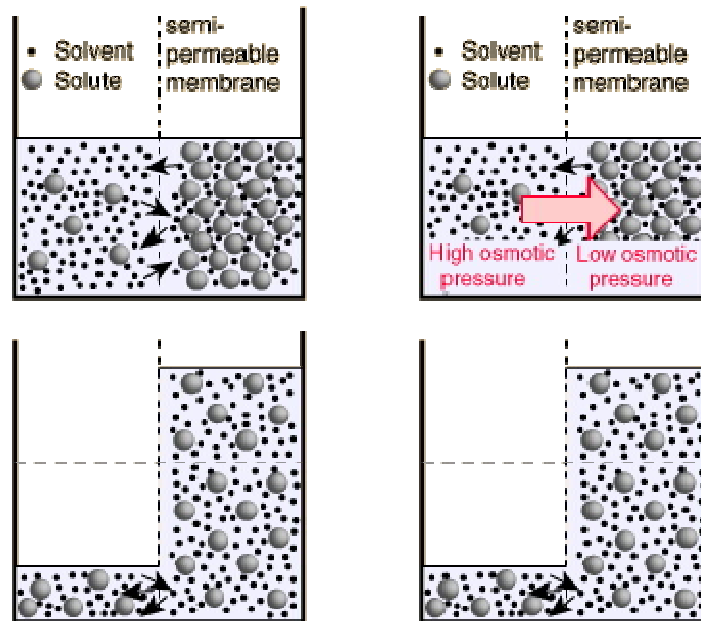
Sebagaimana disebutkan Lindell [19], sangatlah memungkinkan untuk mengekstrak minyak dari suatu mikroorganisme menggunakan pelarut n-heksan dengan meminimalkan kandungan air didalam mikroorganisme tersebut. Kandungan air maksimal sebesar 5% berat/berat di dalam mikroorganisme yang akan diekstrak menggunakan n-heksan sebagai pelarutnya. Sebagai alternatif, disarankan digunakan pelarut yang saling larut dengan air misalnya isopropanol untuk mengekstrak minyak dari mikroorganisme yang umumnya mengandung 70-95% air didalam tubuhnya. Namun penggunaan pelarut tersebut, isopropanol, dapat menyebabkan ikut terekstraknya komponen lain selain trigliserida (TGs) seperti: fosfolipid dan komponen-komponen dinding sel. Penggunaan pelarut yang saling larut dengan air juga memerlukan proses pemurniaan lebih lanjut untuk memisahkan residu-residu yang terikut [19].

Tabel 3 Yield minyak alga (%) pada berbagai metode ekstraksi.

Yield Minyak (%)	Bligh Dyer	Bligh Dyer Modifikasi	Sokhletasi	Osmotik <i>Shock</i>
<i>Chlorella sp.</i> basah	17,11	5,72	0	48,37
<i>Chlorella sp.</i> kering	3,42	0,48	16,57	0,35

Metode osmotik *shock* memberikan yield minyak tertinggi pada bahan biomassa basah (48,37%). Perolehan yield tersebut lebih tinggi dibandingkan perolehan yield pada bahan kering dengan metode yang sama (0,35%). Pada metode osmotik *shock* ini digunakan pelarut HCl (5 M). Metode osmotik *shock* ini melakukan penurunan tekanan osmotik secara tiba-tiba pada suatu mikroorganisme sehingga akan menyebabkan sell rusak. Metode ini dapat digunakan untuk melepaskan komponen-komponen seluler seperti minyak [1]. Ekstraksi secara osmotik *shock* pada *Chlorella sp.* diilustrasikan pada Gambar 1 [2].

Jika dua larutan dengan konsentrasi yang berbeda dipisahkan oleh membran semipermeabel (yang meloloskan molekul pelarut yang lebih kecil akan tetapi menahan molekul pelarut yang lebih besar) maka pelarut akan cenderung berdifusi melewati membran tersebut dari konsentrasi yang rendah ke konsentrasi yang tinggi. Proses inilah yang disebut dengan osmosis dan perbedaan konsentrasi yang mendorong terjadinya peristiwa osmosis disebut sebagai tekanan osmosis. Peristiwa osmosis ini memegang peranan penting dalam proses-proses biologis khususnya untuk pelarut air. Perpindahan molekul air melewati membran semipermeabel ini sangatlah penting pada beberapa jenis makhluk hidup [2].



**Gambar 1** Ilustrasi proses osmosis [2].

Penggunaan pelarut HCl (5 M) dengan molaritas pelarut yang tinggi menunjukkan sedikitnya kandungan air dan banyaknya kandungan HCl dalam larutan tersebut. Tingginya kandungan asam (zat terlarut) dalam pelarut akan mempengaruhi tekanan osmotik sel *Chlorella sp.*, akibatnya air dalam sel akan berpindah ke pelarut dan akhirnya mengalami lisis/mengkerut. Lisisnya sel akan tersebut akan mengekstrak lebih banyak minyak dari kantong-kantong minyak dalam sel. Mengingat letak sel penyimpan energi (minyak) berada dalam mitokondria yang sulit ditembus oleh pelarut. Oleh sebab itu, metode ini kurang efektif diberlakukan pada biomassa *Chlorella sp.* kering, mengingat pada bahan kering membran semipermeabelnya telah rusak akibat proses pengeringan sehingga tidak terdapat lagi tekanan osmosisnya. Perolehan yield minyak pada biomassa *Chlorella sp.* kering dengan metode osmotik *shock* hanya sebesar 0,35%-berat.

Metode Bligh Dyer memberikan yield sebesar 17,11% untuk bahan biomassa basah dibandingkan 3,42% perolehan yield-nya untuk bahan kering. Mengingat metode ini lebih sesuai digunakan pada bahan biomassa basah [6]. Sedangkan untuk metode Bligh Dyer modifikasi, bahan biomassa basah lebih tinggi (5,72%) daripada bahan kering (0,48%). Hasil ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa metode Bligh Dyer modifikasi lebih tepat untuk bahan kering daripada bahan basah [26].

## Pemilihan Metode Ekstraksi Minyak Alga dari *Chlorella sp.* dan Prediksinya sebagai Biodiesel

Tabel 4 Profil asam lemak minyak alga (%-berat) hasil ekstraksi dari berbagai metode ekstraksi.

Komposisi	Bligh Dyer		Bligh Dyer Modifikasi		Sokhletasi		Osmotik <i>shock</i>	
	Basah	Kering	Basah	Kering	Basah	Kering	Basah	Kering
As.Laurat (C12:0)	0,77	N.D	N.D	N.D		N.D	23,17	5,48
As.Miristat (C14:0)	1,41	0,03	N.D	0,77		29,06	N.D	7,63
As.Miristoleat (C14:1)	N.D	N.D	N.D	N.D		N.D	N.D	N.D
As.Palmitat (C16:0)	54,99	19,11	23,05	21,05		4,70	76,83	37,96
As.Palmitoleat (C16:1)	2,36	N.D	5,47	6,92	- <sup>§</sup>	N.D	N.D	N.D
As.Stearat (C18:0)	4,33	5,63	N.D	9,04		2,43	N.D	N.D
As.Oleat (C18:1)	30,37	8,37	14,83	10,43		3,21	N.D	40,94
As.Linoleat (C18:2)	0,34	21,33	21,57	22,10		8,24	N.D	N.D
As.Linolenat (C18:3)	N.D	18,07	9,66	12,58		16,59	N.D	N.D

<sup>§</sup> Metode sokhletasi tidak berhasil mengekstrak minyak sehingga profil asam lemaknya tidak diperoleh  
 N.D = not detected

Tabel 4 menunjukkan profil asam lemak bebas minyak alga hasil ekstraksi, diketahui pada minyak alga hasil ekstraksi dengan metode yang berbeda memberikan profil asam lemak yang berbeda. Hal ini dimungkinkan akibat penggunaan jenis pelarut yang digunakan. Metode Bligh Dyer memberikan kandungan As.Palmitat tertinggi (54,99% berat). Metode Bligh Dyer modifikasi memberikan kandungan tertinggi pada As.Palmitat (21,05%) dengan adanya penambahan jenis As.Palmitoleat (C16:1). Metode sokhletasi memberikan kandungan As.Miristat tertinggi (29,06%) sedangkan metode osmotik *shock* hanya berhasil mengekstrak dua jenis asam lemak bebas yaitu: As.Laurat (23,17%) dan As.Palmitat (76,83%). Perbedaan jenis asam lemak terekstrak tersebut disebabkan metode osmotik *shock* tidak menggunakan pelarut organik, sehingga hanya sedikit jenis asam lemak bebas yang berhasil terekstrak.

*Chlorella sp.* memiliki berbagai jenis asam lemak bebas termasuk rantai-sedang asam lemak (C10-C14), rantai panjang asam lemak (C16-C18), dan rantai asam lemak yang lebih panjang (>C20). Akan tetapi pada kondisi tertentu, misalnya stress, beberapa jenis mikroalga akan mengubah jalur biosintetik lipidnya menjadi lemak-lemak netral (20-50%) dan TGs. Pada mikroalga, jenis glikolipid tersimpan di dalam membran sedangkan TGs tersimpan didalam sitoplasma dan terdapat beberapa jenis alga yang menyimpan lemak-lemaknya di dalam ruang-ruang tilakoid dalam kloroplastnya. Umumnya komposisi asam lemak dari mikroalga merupakan campuran dari asam lemak tak jenuh (*unsaturated fatty acids*) seperti: As.Palmitoleat (C16:1), As.Oleat (C18:1), As.Linoleat (C18:2) and As.Linolenat (C18:3). Asam lemak-asam lemak jenuh seperti As.Palmitat (C16:0) dan As.Stearat (C18:0) juga ditemukan dalam jumlah kecil [16]. Akan tetapi

proses *freeze drying* yang umum dilakukan pada proses ekstraksi minyak dari mikroalga dapat merusak 5,8,11,14-*Eicosatetraenoic (Arachidonic Acid C20:4)* [19].

Berdasarkan sifat-sifat fisik (*melting point, boiling point, cetane number, viskositas dan heat of combustion value*), Tabel 5, dari masing-masing jenis asam lemak bebas dan ester-ester yang berkaitan (misal metil palmitat, etil palmitat dll) [17], maka minyak alga hasil ekstraksi dari *Chlorella sp.* ini sangatlah berpotensi sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

Tabel 5 Sifat-sifat fisik berbagai asam lemak dan metil-esternya [17].

Komposisi	Berat Molekul	Titik leleh (°C)	Titik didih (°C)	<i>Cetane number</i> (dari metil ester yg dihasilkan) <sup>€</sup>	Kalor pembakaran (kkal/mol) (dari metil ester yg dihasilkan) <sup>€</sup>
As.Laurat (C12:0)	200,322	44	131	61,4	1940
As.Miristat (C14:0)	228,376	58	250,5	66,2	2254
As.Miristoleat (C14:1)	-	-	-	-	-
As.Palmitat (C16:0)	256,430	63	350	74,5	2384,76
As.Palmitoleat (C16:1)	254,412	-	-	51,0	2521
As.Stearat (C18:0)	284,484	71	360	61,7	2696,12
As.Oleat (C18:1)	282,468	16	286	55	2828
As.Linoleat (C18:2)	280,452	-5	229-230	42,2	2794
As.Linolenat (C18:3)	278,436	-11	230-232	22,7	2750

<sup>€</sup>metil-laurat memiliki cetane number = 61,4 dan kalor pembakaran = 1940 kkal/mol

Tabel 6 Sifat-sifat fisik standar biodiesel.

Standar Uji	Titik leleh (°C)	<i>Cetane number</i> (dari metil ester yg dihasilkan) <sup>€</sup>	Kalor pembakaran (kkal/mol)
ASTM-D975 <sup>†</sup>	170-340	Min.40	1300-3500
FBI-S01-03 <sup>‡</sup>	N.D <sup>€</sup>	Min. 48	N.D

<sup>†</sup> Knothe, 2005

<sup>‡</sup> Soerawidjaja, Tatang H. (personal communication)

<sup>€</sup>N.D = not determined

Tabel 5 dan 6 juga menunjukkan bahwa sifat-sifat fisik, terutama titik leleh, cetane number dan kalor pembakaran, dari metil ester berbagai jenis asam lemak (Tabel 5) telah memenuhi standar uji untuk biodiesel (Tabel 6) sehingga campurannya diharapkan memenuhi pula standar yang ditetapkan. Oleh karena itu, minyak alga ini sangatlah berpotensi sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

## Pemilihan Metode Ekstraksi Minyak Alga dari *Chlorella sp.* dan Prediksinya sebagai Biodiesel

### 4 Kesimpulan

Metode yang efektif, dengan yield tertinggi, dalam mengekstraksi minyak mikroalga *Chlorella sp.* adalah metode osmotik *shock* dengan pelarut HCl 5M pada *Chlorella sp.* kondisi basah. Yield minyak alga yang dihasilkan dari metode tersebut sebesar 48,37% dengan kandungan asam lemak: asam laurat (23,17%) dan asam palmitat (76,83%). Berdasarkan sifat-sifat fisik dari masing-masing asam lemak penyusunnya, minyak mikroalga dari *Chlorella sp.* ini sangatlah berpotensi untuk dijadikan biodiesel sesuai dengan standar mutu biodiesel yang ada (ASTM dan FBI).

### Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Balai Budidaya Air Payau (BBAP) di Situbondo atas bantuannya menyediakan *Chlorella sp.*

### Daftar Pustaka

- [1] Anonim, *Algae Oil Extraction*, <http://www.oilalgae.com/algae/oil/extract/extract.html>, (5 Februari 2010).
- [2] Anonim, *Osmosis*, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), (5 Februari 2010)
- [3] Anonim, 1996, <http://ifs.plants.ox.ac.uk>, (23 Desember 2009).
- [4] Anonim, 2009a, <http://bppt.go.id>, (20 Desember 2009).
- [5] Anonim, 2009b, <http://id.wikipedia.org>, (20 Desember 2009)
- [6] Bligh Dyer, *A Rapid Method for Total Lipid Extraction and Purification*, *Can. J. Biochem. Physiol*, 37:911-917, 1959.
- [7] Briggs, M., 2004, *Widescale Biodiesel Production from Algae*, [http://www.unh.edu/p2/biodiesel/article\\_algae.html](http://www.unh.edu/p2/biodiesel/article_algae.html), (Februari 2005).
- [8] Byung-Hwan Um, Young-Soo Kim, *Review: A chance for Korea to advance algal-biodiesel technology*, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, doi:10.1016/j.jiec.2008.08.002, 2009.
- [9] Chisti, Yusuf, *Biodiesel from microalgae*, *Biotechnology Advances* 25, 294–306, 2007.
- [10] Cohen, Zvi., *Chemicals from Microalgae*, Tylor & Francis Ltd.A, 1999.
- [11] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, *Jumlah Produksi Minyak Indonesia Terus Turun*, *Harian Pagi Kompas*, 12 Maret 2005.
- [12] Ehimen, EA, Sun ZF, Carrington CG., *Variables Affecting The In Situ Transesterification of Microalge Lipids*, *Fuel* (2009), doi:10.1016/j.fuel.2009.10.001, 2009.
- [13] Graham, LE., Wilcox, Lw., *Algae*, Prentice-Hall, USA., 2000.
- [14] Guckert, James B., Keith E. Cooksey, dan Larry L. Jackson, *Lipid solvent systems are not equivalent for analysis of lipid classes in the microeukaryotic green algae, Chlorella*. *Journal of Microbiological Methodes* 8, 139-149, 1988.

- [15] Ju, Yi-Hsu, dan Shaik Ramjan Vali, *Rice Bran Oil as a Potential Resource for Biodiesel: A review*, Journal of Scientific and Industrial Research 64, 866-882, 2005.
- [16] Khan, Shakeel A., Rashmi, Mir Z. Hussain, S. Prasad, U.C. Banerjee., *Prospects of biodiesel production from microalgae in India*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, 2361–2372, 2009.
- [17] Knothe, Gerhard, *Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters*, Fuel Processing Technology 86, 1059-1070, 2005.
- [18] Lee, Jae-Yon, Chan Yoo Soo, So-Young Jun, Chi-Yong Ahn, Hee-Mock Oh., *Comparison of Several Methods for Effective Lipid Extraction from Microalgae*, Bioresour, Technol, (2009), doi: 10.1016/j.biortech.2009.03.058, 2008.
- [19] Liddell, John Macdonald, *Extraction of triglycerides from microorganisms*, US Patent No. 6.180.376 B1, 2001.
- [20] Makmuri, *Biodiesel Bahan Bakar dari Limbah CPO*, BPPT. Jakarta, 2002.
- [21] Soeroso, *Kilang Pengolahan BBM dioptimalkan*, Harian Pagi Jawa Pos, 11 Maret 2005.
- [22] Suyono, Eko., *Kultur Algae Lecture Note*. Biologi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2005.
- [23] Vicente, Gemma, L. Fernando Bautista, Rosalia Rodriguez, F. Javier Gutierrez, Irantzu Sadaba, Rosa M. Ruiz-Vazquez, Santiago Torres-Martinez, Victoriano Garre., *Biodiesel Production from Biomass of An Oleaginous Fungus*, Biochemical Engineering Journal 48 (2009) 22-27, 2009.
- [24] Xiaoling, Miao, Q. Y. Wu, *Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil*, Bioresource Technology 97, 841–846, 2006.
- [25] Zuhdi, MFA., *Biodiesel Sebagai Alternatif Pengganti Bahan Bakar Fosil PadaMotor Diesel*, Laporan Riset, RUT VIII Bidang Teknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Kementerian Riset dan Teknologi RI, 2003.
- [26] Zhu M, Zhou PP, Yu LJ., *Extraction of lipids from mortierella alpine and enrichment of arachidonic acid from the fungal lipids*, Bioresource Technology 84, 93–95, 2001.