

KARAKTERISTIK ASAM LEMAK MIKROALGA UNTUK PRODUKSI BIODIESEL

Edi Saadudin¹⁾, Silvy R. Fitri²⁾, Verina J. Wargadalam³⁾

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan,
dan Konservasi Energi
Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Telp. (021) 7203530, Cipulir Keb Lama,
Jakarta Selatan
edi.saadudin@yahoo.com

ABSTRAK

Kualitas biodiesel komersial mengacu standar nasional SNI 04-7182-2006 dengan parameter yang harus dipenuhi antara lain kestabilan biodiesel dan angka *cetane*, dimana karakteristik ini dipengaruhi oleh komposisi asam lemak minyak nabati yang digunakan. Makalah ini membahas komposisi asam lemak minyak mikroalga dan penggunaannya sebagai bahan baku biodiesel. Lima spesies mikroalga dibudidayakan, kemudian kandungan minyaknya diekstrak dan dianalisis. Umumnya spesies yang diuji mempunyai kandungan metil ester jenuh asam palmitat (C16:0) yang dominan, yaitu sekitar 40%, kecuali untuk *Tetraselmis sp.* yang hanya sekitar 25%. Kandungan asam lemak tak-jenuh terdeteksi pada analisis ini seperti: metil palmitoleat, oleat, linoleat atau oktadekanoat, berkisar antara 10% hingga 30%. Hanya pada *Chlorella sp.* asam lemak tak-jenuh tidak terdeteksi, yang berarti minyak yang berasal dari spesies ini cenderung mempunyai titik leleh lebih tinggi. *Spirulina sp.* terdeteksi mempunyai kandungan metil ester tak-jenuh ganda yang cukup besar sehingga akan sangat mudah teroksidasi dan mendorong proses degradasi minyak lebih cepat. Pengujian lebih jauh seperti uji Rancimat dan angka *cetane* perlu dilakukan untuk pemahaman lebih baik mengenai kombinasi tiap jenis metil ester.

Kata kunci: mikroalga, asam lemak metil ester, biodiesel

ABSTRACT

Quality of commercial biodiesel refers to National Standards for Biodiesel SNI 04-7182-2006, in which some parameters must be met, including stability of biodiesel and cetane number that very much correspond to the characteristics of its parent oil. This paper discusses the composition of fatty acids of microalgae that can be used as biodiesel feedstock. Five microalgae species have been cultivated and their oils are then extracted and analyzed. All the tested species contain saturated fatty acid of methyl palmitat in the range of 40%, except for Tetraselmis sp., which only contains 25% of this saturated fatty acid. The un-saturated fatty acids such as methyl palmitoleat, methyl oleat, methyl linoleat or oktadekanoat are detected in some species with the composition ranging from 10% to 30%. Only in Chlorella sp., none of un-saturated fatty acids is detected, which means the oil tends to have higher melting point. Spirulina sp. is found to have quite high poly un-saturated fatty acids that may favor autoxidation process and leads to higher degradation rate of oil. Further works, such as Rancimat and Cetane Number tests on microalgae's fatty acids, are needed to have better understanding on the combination of each type of methyl ester.

Keywords: microalgae, fatty acid methyl esters, biodiesel

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dengan semakin terbatasnya ketersediaan minyak bumi, sangat penting bagi Indonesia untuk mendorong pemanfaatan bahan bakar nabati (BBN) sebagai pengganti bahan bakar yang berasal dari fosil. Saat ini minyak kelapa sawit merupakan sumber BBN utama yang telah dikembangkan di Indonesia. Namun, dengan akan semakin meningkatnya kebutuhan BBN dimasa depan serta adanya kompetisi dengan kebutuhan minyak kelapa sawit sebagai bahan makanan, perlu dicari sumber BBN yang tidak berkompetisi dengan bahan makanan serta yang mempunyai produktifitas tinggi sehingga dapat menghasilkan BBN lebih banyak dengan kebutuhan lahan yang lebih sedikit.

Mikroalga, suatu mikroorganisma yang berfotosintesa dan berkembang biak secara membelah diri, telah banyak dipelajari sebagai sumber BBN yang potensial. Organisma ini dapat tumbuh pada lingkungan air tawar, payau maupun air laut. Melalui proses fotosintesis, mikroalga mengkonversi CO₂ menjadi biomasa yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk berbagai produk, antara lain: sebagai bahan kosmetik, nutrisi, pakan ternak, maupun bahan baku BBN baik dalam bentuk bioetanol, biodisel maupun biohidrogen serta produk lainnya

Produktifitas minyak mikroalga jauh lebih besar dibanding minyak yang berasal dari tumbuhan tinggi, minyak nabati yang

dihasilkan mikroalga per hektar lahan dapat mencapai sedikitnya 10 kali minyak kelapa sawit (CPO) atau sekitar 30 kali minyak jarak^[1].

Pada daerah sub-tropis dengan empat musim, pengembangan mikroalga umumnya dilakukan menggunakan fotobioreaktor agar kondisi lingkungan dapat terjaga sepanjang tahun. Sementara itu, iklim Indonesia sebagai negara tropis dengan temperatur yang relatif sama sepanjang tahun serta matahari yang hampir selalu bersinar disiang hari sangat mendukung budi daya mikroalga dengan metode sistem kolam terbuka yang relatif lebih murah dibanding fotobioreaktor.

Budidaya mikroalga dapat dilakukan dalam sistem tertutup dengan kondisi lingkungan terkontrol ataupun dapat dilakukan pada sistem terbuka. Pada sistem tertutup, mikroalga dibudidaya dalam suatu bioreaktor yang terhubung dengan beberapa sumber cahaya. Semua parameter yang diperlukan untuk tumbuh seperti: CO₂, air kaya nutrisi, temperatur dan pencahayaan harus dimasukkan ke dalam sistem. Jenis-jenis *photobioreactor*, antara lain: kolam terbuka yang ditutupi dengan rumah kaca, tanki dengan sumber cahaya sendiri, kantong/tas polietilen, pipa kaca/plastik. Sementara itu, suatu sistem terbuka menggunakan kolam air terbuka yang dengan memanfaatkan cahaya matahari langsung. Kincir air dapat ditambahkan pada kolam untuk mensirkulasi air. Pada kolam terbuka dengan rancangan optimum, produksi

mikroalga dapat mencapai 50 gram/m²/hari [2].

Mikroalga biasanya dibudidayakan selama 12 hingga 15 hari per siklus sebelum dipanen. Kondisi kolam atau bioreaktor reaktor sangat encer, biasanya mikroalga yang diperoleh dari sistem kolam mempunyai konsentrasi 1% padatan, sementara itu untuk memproduksi biodiesel, biasanya dibutuhkan dalam bentuk pasta, dengan konsentrasi sekitar 15% padatan^[3]. Beberapa teknik panen yang umum dilakukan adalah dengan sentrifugasi, flokulasi dan penyaringan dengan kantong saring.

Setelah pasta mikroalga diperoleh, selanjutnya masuk pada proses ekstraksi minyak mikroalga. Berbagai metode ekstraksi telah banyak dipelajari untuk memperoleh hasil maksimal. Dapat dilakukan dengan metode basah maupun kering, dan dengan sistem pengepresan mekanik maupun dengan menggunakan pelarut kimia.

Setelah hasil ekstraksi berupa minyak mikroalga diperoleh, dilakukan proses transesterifikasi yang mengubah trigliserida menjadi metil ester (biodiesel). Dan untuk meningkatkan efisiensi proses, produk samping seperti residu biomasa dapat difermentasi untuk menghasilkan biogas yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar generator yang menghasilkan listrik untuk memenuhi

kebutuhan listrik pada proses produksi minyak mikroalga.

Tujuan

Saat ini biodiesel yang telah tersedia komersial diproduksi menggunakan bahan baku minyak nabati yang berasal dari tumbuhan tinggi, dan kualitas biodiesel tersebut mengacu standar nasional SNI 04-7182-2006 dengan parameter yang harus dipenuhi antara lain kestabilan biodiesel dan angka *cetane*, dimana karakteristik ini dipengaruhi oleh komposisi asam lemak minyak nabati yang digunakan. Makalah ini membahas komposisi asam lemak minyak mikroalga dan penggunaannya sebagai bahan baku biodiesel.

METODOLOGI

Lima spesies mikroalga digunakan pada eksperimen ini, yaitu: *Nannochloropsis sp.*, *Spirulina sp.*, *Chlorella sp.*, *Dunaliella sp.*, *Tetraselmis sp.* Kelima spesies tersebut dibudidayakan hingga diperoleh lipid yang selanjutnya dianalisis dan dibandingkan dengan analisis CPO, minyak kelapa dan minyak jarak.

Kultur

Seluruh spesies mikroalga dibudidayakan *outdoor* dengan cahaya alamiah pada kondisi optimum yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Budidaya *Outdoor* Mikroalga

SPESES	T (°C)	pH	Salinitas	Nutrisi
<i>Nannochloropsis</i>	26-33	8.2-8.5	20 ppt	Conwy
<i>Spirulina platensis</i>	26-33	8,2	20 ppt	Conwy
<i>Tetraselmis suecica</i>	26-33	8.3-8.4	20-23ppt	Conwy
<i>Chlorela</i>	26-33	8.0-8.5	20-22 ppt	Conwy
<i>Dunaliella tertiolectra</i>	26-33	8.0 - 8.5	20-22 ppt	Conwy

Kultur dari masing-masing spesies mikroalga dilakukan dalam wadah berukuran 150 liter dengan 3 kali ulangan. Masing-masing wadah diisi 90 liter medium kultur berupa air laut dengan kadar garam 20 ppt yang sudah disterilkan. Kedalam masing-masing media kultur ditambahkan Nutrien Conwy. Dan diaerasi dengan udara 0,05 vvm secara terus menerus. Cara pembuatan nutrien Conwy sebagai berikut:

Larutan A
100,0 g NaNO ₃ , 20,0 g NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O, 45,0 g Na-EDTA, 33,6 g H ₃ BO ₃ , 0,78 g FeCl ₃ , 0,36 g MnCl ₂ ·4H ₂ O dalam 1000,0 mL aquadest.
Larutan B
2,1 g ZnCl ₂ , 2,0 g CoCl ₂ ·6H ₂ O, 0,9 g CuSO ₄ ·5H ₂ O, 10,0 mL HCl pekat, dalam 100,0 mL aquadest.

Cara penggunaannya dengan menambahkan tiap liter air laut dengan larutan A = 1 ml dan larutan B = 0,001 ml.

Proses Panen

Proses panen untuk mendapatkan sampel uji kandungan lipid dilakukan pada hari ke 5, 10 dan 15; sementara untuk sampel analisis komposisi lipid seluruhnya dilakukan pada fasa stasioner. Panen dilakukan dengan penambahan NaOH pada kultur sampai pH 9. selanjutnya dibiarkan selama 7 jam atau sampai biomassa mikroalga mengendap. Setelah mengendap, bagian atas dari kultur (berwarna bening)

dibuang, sedangkan sisanya berupa endapan biomassa disaring menggunakan filter bag. Pasta biomassa selanjutnya dikeringkan sehingga menjadi biomassa kering.

Ekstraksi dan Analisis Lipid

Dilakukan ekstraksi minyak nabati dari biomassa kering mikroalga. Ekstraksi dilakukan dengan melarutkan biomassa menggunakan campuran heksana dan eter (20 ml dan 20 ml). Biomassa yang sudah bercampur dengan pelarut diletakkan dalam shaker selama 24 jam. Kemudian disentrifugasi untuk memisahkan biomassa dengan larutan. Selanjutnya larutan diambil dan di evaporasi untuk memisahkan minyak dengan senyawa heksana-eter.

Untuk menganalisis lipid hasil ekstraksi, perlu dilakukan preparasi pada sampel. Ekstrak lipid di transmetilasi dengan larutan methanol BF₃, lalu dipanaskan hingga suhu 60°C. Setelah didinginkan ke suhu ruang, metil ester diekstrak menggunakan pelarut heksana. Terbentuk dua lapisan, lapisan atas berupa heksana kaya metil ester dipisahkan untuk dianalisis pada GC-MS Shimadzu QP 2010S dengan kolom HP-5MS panjang 30 m. Sampel dengan volume 1 µl diinjeksikan kedalam kolom pada suhu 300 °C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Sel dan Kandungan Lipid

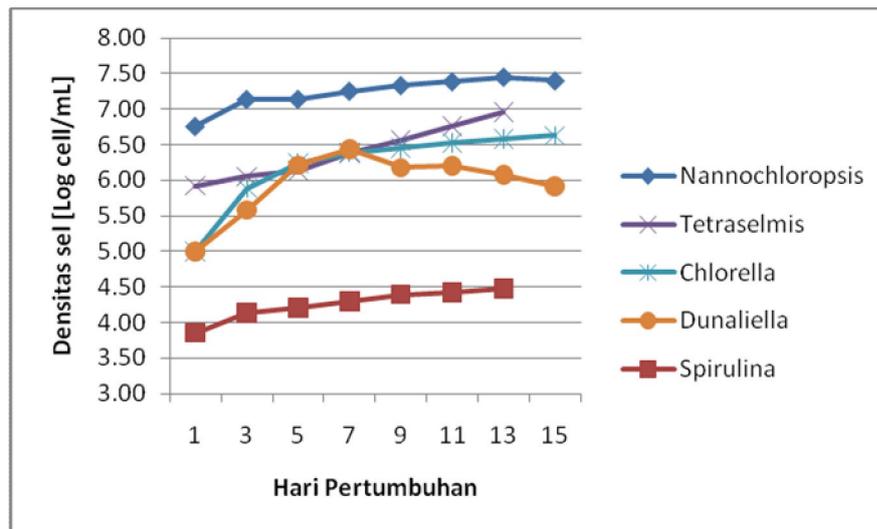
Selama penelitian, penghitungan kepadatan sel dilakukan setiap hari. Penghitungan kepadatan menggunakan alat bantu *haemocytometer* di bawah mikroskop. Gambar 1 menunjukkan kurva pertumbuhan spesies mikroalga yang akan dianalisis. Stok awal tiap-tiap spesies tidak mempunyai kepadatan yang seragam.

Pada hari ke-5, ke-10 dan ke-15 diambil sampel dari masing-masing spesies untuk dihitung kandungan lipidnya. Gambar 2 menunjukkan kandungan lipid (% berat)

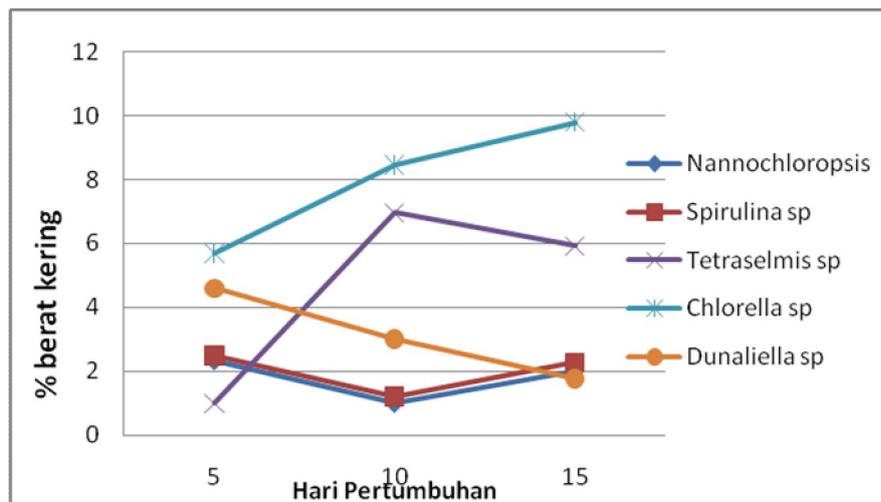
spesies mikroalga pada tiga fasa pertumbuhan. *Chlorella sp.* mempunyai kandungan lipid paling tinggi pada periode akhir fasa stasioner yaitu sekitar 9,8% berat kering biomasa, sementara *Tetraselmis sp.* mempunyai kandungan lipid pada periode awal fasa stasioner, yaitu sekitar 7% berat kering.

Komposisi Asam Lemak Mikroalga

Lipid hasil ekstraksi biomasa mikroalga biasanya mengandung lipid netral dan lipid polar. Trigliserida adalah lipid netral yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel, dimana susunan molekulnya berupa tiga asam lemak rantai panjang yang terikat



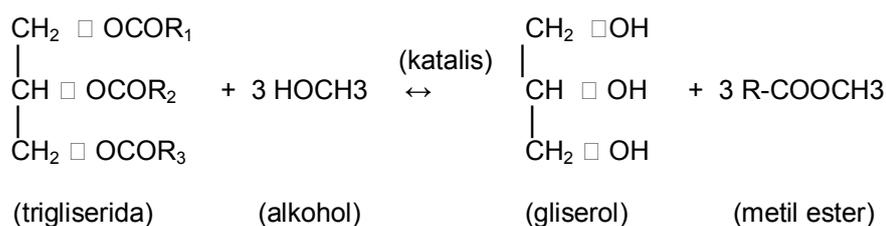
Gambar 1. Laju Pertumbuhan Beberapa Spesies Mikroalga



Gambar 2. Kandungan Lipid Beberapa Spesies Mikroalga

pada satu gliserol. Jenis asam lemak yang terikat pada gliserol ini sangat bervariasi dengan panjang rantai karbon dari 4 hingga 30 dan dapat dalam bentuk rantai jenuh dimana tidak terdapat ikatan rangkap karbon maupun dalam bentuk rantai tak jenuh dimana terdapat satu atau lebih ikatan rangkap karbon.

Pada produksi biodiesel (Gambar 3), bahan baku trigliserida ditransesterifikasi dengan alkohol menghasilkan gliserol dan asam lemak metil ester (biodiesel). Profil distribusi



Gambar 3. Proses transesterifikasi trigliserol menjadi biodiesel

maka kinerja biodiesel akan menjadi buruk pada suhu rendah karena titik leleh menjadi lebih tinggi. Panjang rantai karbon juga mempengaruhi kualitas biodiesel khususnya pada angka *cetane*, dimana biasanya biodiesel

metil ester yang dihasilkan ini menentukan kualitas biodiesel. Jika biodiesel mengandung profil metil ester tak jenuh yang dominan maka kestabilan biodiesel menjadi rendah, hal ini akibat terjadinya oksidasi rantai asam lemak dengan molekul oksigen yang biasanya membentuk hidroperoksida pada rantai asam lemak yang selanjutnya akan mendorong terjadinya polimerisasi yang membentuk gum (getah). Dilain pihak jika biodiesel mempunyai profil metil ester jenuh yang sangat dominan

dengan profil metil ester yang dominan dengan rantai lebih pendek akan mempunyai angka *cetane* lebih rendah.

Meskipun peningkatan kualitas biodiesel dapat dilakukan dengan beberapa teknologi

yang telah ada seperti pemacu angka *cetane*, perlakuan hidrogenasi, penambahan anti oksidan, namun tidak mudah untuk memperoleh formula yang bersifat sinergis untuk meningkatkan kualitas biodiesel^[4,5]. Profil distribusi metil ester biodiesel berhubungan erat dengan karakteristik minyak induknya, sehingga sangat perlu untuk mengetahui karakteristik minyak induknya. Asam Oleat (C18:1) dan Palmitoleat (C16:1) diketahui merupakan ester yang dapat memperbaiki kualitas biodiesel khususnya pada temperatur rendah, tetapi mempunyai angka *cetane* rendah (Tabel 2), sementara Asam Palmitat (C16:0) dan Asam Stearat (C18:0) mempunyai angka *cetane* tinggi tetapi tidak mempunyai karakteristik yang baik pada temperatur rendah^[5].

Tabel 2. Sifat Beberapa Metil Ester^[5]

Asam Lemak	Angka <i>cetane</i>	Panas Bakar (kJ/mol)
Metil Laurat	66.70	8138.42
Metil Miristat	-	-
Metil Palmitat	85.90	10 669.20
Metil Stearat	101	11 962.06
Metil Palmitoleat	56.59	10 547.86
Metil Oleat	56.55	11 887.13
Metil Linoleat	38.2	11 690.10

Karakteristik asam lemak mikroalga dari semua spesies yang diuji ditunjukkan dalam Tabel 3. Hasil analisis asam lemak metil ester mikroalga, dibandingkan dengan yang berasal dari minyak nabati lain: CPO, kelapa dan jarak. Semua spesies mikroalga yang diuji mempunyai kandungan metil ester jenuh asam Palmitat (C16:0) yang dominan yaitu sekitar

40%, kecuali untuk *Tetraselmis sp.* yang hanya sekitar 25%. Kandungan asam lemak tak-jenuh yang terdeteksi pada beberapa spesies mikroalga, seperti: Metil Palmitoleat, Metil Oleat, Metil Linoleat atau Oktadekanoat, berkisar antar 10% hingga 30%. Pada spesies *Chlorella* asam lemak tak-jenuh tidak terdeteksi.

Spesies *Spirulina sp.* terdeteksi mempunyai kandungan metil ester tak-jenuh ganda yang paling bervariasi, sehingga akan sangat mudah terjadi reaksi otoksidasi yang mendorong proses degradasi minyak lebih cepat. Sementara *Chlorella* mempunyai kandungan asam lemak jenuh yang paling tinggi yang cenderung menghasilkan titik leleh lebih tinggi sehingga untuk aplikasi pada temperatur rendah membutuhkan penambahan aditif anti-beku. Dari profil distribusi metil ester yang diperoleh dalam penelitian ini, spesies *Dunaleila* mempunyai kemungkinan paling besar menghasilkan minyak nabati yang paling mudah diproses untuk menghasilkan biodiesel yang berkualitas. Pengujian lebih jauh seperti uji Rancimat dan Angka *Cetane* perlu dilakukan pada minyak dari masing-masing spesies mikroalga untuk memperoleh pemahaman lebih baik mengenai kombinasi tiap jenis metil ester.

Asam lemak yang berasal dari CPO didominasi oleh asam lemak jenuh Metil Palmitat dan asam lemak tak-jenuh Metil Oleat. Minyak Kelapa mengandung sebagian besar asam lemak jenuh rantai rendah seperti Metil Laurat, ini akan menyebabkan karakteristik biodiesel yang kurang baik sehingga biasanya

dalam proses produksi biodiesel minyak Kelapa membutuhkan perlakuan awal. Minyak Jarak banyak mengandung asam lemak tak-jenuh (C18:1 dan C18:2) yang diketahui mempunyai angka cetane rendah. Dengan demikian, secara umum minyak mikroalga mempunyai karakteristik yang kurang lebih serupa dengan minyak yang berasal dari tumbuhan tinggi, dan dapat dijadikan bahan baku biodiesel.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Lima spesies mikroalga, yaitu: *Nannochloropsis sp.*, *Spirulina sp.*, *Chlorella sp.*, *Dunaliella sp.*, *Tetraselmis sp.* dibudidayakan, kandungan minyaknya diekstrak dan dianalisis. *Chlorella sp.* mempunyai kandungan lipid yang tertinggi dibanding spesies lain
- Seluruh spesies yang diuji mempunyai kandungan metil ester jenuh asam Palmitat (C16:0) yang dominan yaitu sekitar 40% (kecuali untuk *Tetraselmis sp.* yang hanya sekitar 25%).
- Asam lemak tak-jenuh yang terdeteksi pada beberapa spesies, seperti: Metil Palmitoleat, Oleat, Linoleat atau Oktadekanoat, kandungannya berkisar antar 10% hingga 30%, kecuali pada *Chlorella sp.* asam lemak tak jenuh tidak terdeteksi.
- Spesies *Spirulina sp.* terdeteksi mempunyai kandungan metil ester tak-jenuh ganda yang paling bervariasi sehingga akan sangat mudah

terotoksidasi dan mendorong proses degradasi minyak lebih cepat.

- *Chlorella sp.* mempunyai kandungan asam lemak jenuh paling tinggi yang cenderung menghasilkani leleh lebih tinggi dan kurang baik pada aplikasi temperatur rendah.
- Secara umum minyak mikroalga mempunyai karakteristik yang kurang lebih serupa dengan minyak yang berasal dari tumbuhan tinggi, dan dapat dijadikan bahan baku biodiesel

Saran

Pengujian lebih jauh seperti uji Rancimat dan Angka *Cetane* perlu dilakukan pada minyak dari masing-masing spesies mikroalga.

Tabel 3. Komposisi Asam Lemak Berbagai Sampel Minyak Nabati (%)

Asam Lemak	Rantai Karbon	<i>Spirulina Sp.</i>	<i>Nanno Chloropsis Sp.</i>	<i>Dunaliella Sp.</i>	<i>Tetraselmis Sp.</i>	<i>Chlorella Sp.</i>	CPO	Kelapa	Jarak
Metil Laurat	12:0	-	-	-	-	-	0.52	53.29	-
Metil Miristat	14:0	3.71	1.7	8.39	-	-	2.09	19.91	-
Metil Palmitat	16:0	39.83	40.17	41.29	25.08	49.59	42.87	8.20	13.16
Metil Stearat	18:0	3.36	12.57	-	11.59	16.79	6.39	1.52	6.53
Metil Palmitoleat	16:1	7.51	-	22.38	-	-	-	-	-
Metil Oleat	18:1	-	-	-	22.22	-	46.99	3.49	53.62
Metil Linoleat	18:2	9.66	8.45	-	9.81	-	-	0.33	26.69
6,9,12 oktadekanoat	18:3	10.3	2.3	-	-	-	-	-	-

Ucapan Terimakasih:

Ibu Sri Amini, M.Sc, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan Perikanan, Balitbang Kelautan Perikanan - KKP yang telah membantu dalam pembudidayaan mikroalga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] John Benemann, *Overview: Algal Oil to Biofuel*, NREL-AFOSR Workshop, Algal oil for Jet fuel Production, Arlington, VA February 19 th 2008
- [2] John Sheehan, Terri Dunahay, John Benemann, Paul Roessler, 1998, *A look Back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program: Biodiesel from Algae*
- [3] Nick Sazdanoff, 2006. *Modeling and Simulation of the Algae to Biodiesel Fuel Cycle*, Department of Mechanical Engineering, The Ohio State University.
- [4] Yusuf Chisti, *Biodiesel from Microalgae*, *Biotechnology Advances* 25 (2007) 294-306
- [5] Gerhard Knothe, *Designer Biodiesel: Optimizing Fatty Ester Composition to Improve Fuel Properties*, *Energy & Fuels* 2008, 22, 1358-1364