

PRODUKSI BIODIESEL DARI BIOMASSA *Chlamydomonas sp.* ICBB 9113 DIKULTIVASI MENGGUNAKAN MEDIA YANG MURAH: EFEKTIFITAS DARI BEBERAPA METODE EKSTRAKSI

BIODIESEL PRODUCTION FROM BIOMASS OF Chlamydomonas sp. ICBB 9113 CULTIVATED IN A CHEAP CULTURE MEDIA: EFFECTIVITY OF DIFFERENT EXTRACTION METHODS

Patmawati*, Bustami Ibrahim**, Iriani Setyaningsih**, dan Untung Sudadi***

* Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Kampus Dramaga 16680.

** Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.

***Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian IPB.

Pos-el:* patmawati.wahyudin@gmail.com

**bustamibr@yahoo.com; iriani25@gmail.com

***untungsudadi@yahoo.com

ABSTRACT

The main challenges to overcome in biodiesel production from microalgae are lower oil yield, as compared to those derived from plant and animal biomass, and expensive culture media. This work was aimed to compare the effectivity of three extraction methods differed in solvent used, e.g. n-hexane (N-hex), ethanol (Eth), and mixture of chloroform-methanol-water (CMW), to extract crude lipid and biodiesel from dry biomass of Chlamydomonas sp. ICBB 9113. This microalgae was cultivated in a cheap culture media using N and P soil fertilizers as nutrient sources. The results showed that, by using N-hex, Eth, and CMW methods, it could be extracted, respectively, 0.06%, 4.51%, and 20.45% crude lipid, and 384.2, 1333.8, and 2430.6 mg/100g biodiesel. The fatty acid profile of the studied microalgae biomass was: C8:0 (0.11%), C10:0 (0.09%), C14:0 (7.70%), 16:0 (1.39%), C18:0 (0.85%), C14:1 (5.12%), C16:1 (7.09%), C18:1 (8.28%), C18:2 (12.80%), and C18:3 (42.57%). Fatty acid characterization showed that Chlamydomonas sp. ICBB 9113 was dominated by C18: 3 and C16:0. Therefore, these microalgae were suitable to be used as raw material for biodiesel production to substitute the conventional fuel.

Keywords: Biodiesel, Crude lipid, Extraction, Microalgae

ABSTRAK

Tantangan utama produksi biodiesel dari mikroalga adalah hasil ekstraksi minyak yang masih rendah jika dibandingkan dengan bahan dari minyak nabati dan hewani serta memerlukan media kultur yang mahal untuk produksi biomassa. Tujuan penelitian yaitu mengkaji efektivitas ekstraksi lipid dengan menggunakan tiga metode yang berbeda. Metode yang digunakan dalam proses ekstraksi yaitu menggunakan pelarut yang berbeda berupa n-heksan, etanol, dan campuran klorofoam-metanol-air. Hasil ekstraksi lipid kasar pada *Chlamydomonas sp.* ICBB 9113 menunjukkan ekstraksi n-heksan (0,06%), etanol (4,51%), klorofoam-metanol-air (20,45%). Fatty acid metyl ester (FAMES/biodisel) yang dihasilkan menggunakan pelarut ekstraksi n-heksan (384,2 mg/100g), etanol (1333,8 mg/100g), dan klorofoam-metanol-air (2430,6 mg/100g). Fatty acid profile of *Chlamydomonas sp.* ICBB 9113: C8:0 (0,11%), C10:0(0,09%), C14:0(7,70%), 16:0 (15,39%), C18:0 (0,85%), C14:1 (5,12%), C16:1 (7,09%), C18:1 (8,28%), C18:2 (12,80%), C18:3 (42,57%). Hasil karakterisasi asam lemak didominasi oleh jenis C18:3 dan C16:0. Oleh sebab itu, mikroalga tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel untuk mensubstitusi bahan bakar konvensional.

Kata kunci: Biodisel, Ekstraksi, Lipid kasar, Mikroalga

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Mikroalga dalam beberapa tahun terakhir, telah banyak menarik perhatian sebagai sumber produksi biofuel, seperti metana, biodiesel, dan biohidrogen. Hal itu karena harga minyak mentah fosil yang tinggi. Mikroalga adalah organisme yang paling menjanjikan sebagai sumber biodiesel untuk generasi ketiga dengan kandungan lipid tinggi, dapat melebihi 80% (dari berat kering), seperti yang dilaporkan pada beberapa spesies, sedangkan kandungan lipid yang umum yaitu 20%–50%.¹ Biodiesel dari mikroalga memiliki potensi terbesar untuk menggantikan minyak bumi di antara sumber energi terbarukan. Biodiesel dalam penggunaannya dapat dicampur dengan minyak diesel melalui berbagai perbandingan dan digunakan untuk mesin diesel.¹ Beberapa strain mikroalga yang mempunyai lipid tinggi yaitu *Isochrysis zhangjiangensi*,² *Haematococcus pluvialis*³ dan *Scenedesmus rubescens*⁴ telah diusulkan sebagai mikroalga yang mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai sumber biodiesel. Menurut Arisanti,⁵ mikroalga air tawar yang berpotensi dikembangkan yaitu *Chlamydomonas sp.* ICBB 9113 yang mempunyai kandungan lipid sebesar 32% (bk).

Pengembangan mikroalga sebagai sumber biodiesel saat ini masih mengalami kendala, di antaranya biaya produksi yang masih mahal, terutama dalam penyediaan bahan baku (media kultur yang mahal) dan proses ekstraksi lipid yang masih belum efektif. Menurut Krawczyk (1996) diacu dalam Huang dkk.,⁶ biaya produksi yang utama adalah untuk biaya bahan baku (minyak dan lemak) dan biaya proses produksi. Biaya bahan baku mencapai 60–70% dari total biaya produksi. Oleh sebab itu, perlu dicari alternatif proses produksi biodiesel dari biomassa mikroalga yang lebih efisien, yaitu menggunakan media kultur yang murah dan teknik ekstraksi lipid yang efektif.

PERUMUSAN MASALAH

Biaya proses produksi untuk pembuatan biodiesel dari mikroalga terutama biaya penyediaan bahan baku dan proses konversi minyak menjadi biodiesel masih sangat mahal. Oleh sebab itu,

perlu dicari alternatif proses produksi dengan biaya yang rendah sehingga dapat bersaing dengan bahan bakar fosil. Misalnya dengan mengkultivasi mikroalga *Chlamydomonas sp.* menggunakan media teknis dan proses konversi minyak secara langsung dari biomassa mikroalga tanpa melewati proses ekstraksi lipid.

TUJUAN

Penelitian ini bertujuan mengkaji produksi biodiesel menggunakan beberapa metode ekstraksi lipid dari biomassa mikroalga *Chlamydomonas sp.* ICBB 9113 dengan media kultur yang murah.

TEORI

Mikroalga adalah mikroorganisme fotosintesis prokariotik atau eukariotik yang dapat tumbuh dengan cepat dan hidup dalam berbagai kondisi karena struktur uniseluler atau multiseluler yang sederhana.⁷ Banyaknya spesies yang sudah dikoleksi dan teridentifikasi membuktikan bahwa mikroalga dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti meningkatkan nilai tambah produk untuk keperluan farmasi, untuk konsumsi manusia (pangan), dan sebagai sumber energi.

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif substitusi solar untuk motor diesel. Biodiesel dapat diaplikasikan baik dalam bentuk murni 100% (B100) atau dicampur dengan bahan bakar diesel minyak bumi dalam berbagai rasio. Campuran 20% biodiesel dan 80% bahan bakar diesel minyak bumi disebut dengan B20. Campuran B20 merupakan bahan bakar alternatif yang terkenal di Amerika Serikat terutama untuk bus dan truk.⁸

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada Juli 2012 sampai Mei 2013 bertempat di *Indonesian Center for Biodiversity and Biotechnology (ICBB)*, Cilubang Nagrak, Situgede, Kabupaten Bogor; Laboratorium Bioteknologi Hasil Perairan 2, Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan; dan Laboratorium Manajemen Mutu, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah isolat mikroalga *Chlamydomonas sp.* ICBB 9113, media biakan standar BG11, dan media N2P2 (Tabel 1) serta bahan kimia lain untuk analisis. Alat-alat yang digunakan adalah erlenmeyer, otoklaf, akuarium, *shaker*, *laminar flow*, spektrofotometer, neraca analitik, kertas saring, botol bening 100 mL, aerator, lampu 2000 lux, dan akuarium dengan kapasitas seratus liter dengan sumber cahaya matahari.

Prosedur Percobaan

Penelitian yang dilakukan terdiri dari tiga tahapan. Tahap yang pertama berupa peremajaan dan penyediaan stok isolat dalam media BG 11. Tahap kedua adalah produksi biomassa dengan kultivasi pada skala lab dan di-*scale up* pada skala lapang menggunakan akuarium dalam media. Tahap ketiga ekstraksi biomassa mikroalga dengan menggunakan pelarut yang berbeda, dilanjutkan

dengan proses esterifikasi untuk mendapatkan *Fatty Acid Metyl Ester* (FAMES) yang diukur secara kuantifikasi menggunakan GC-FID.

Tahap 1 peremajaan isolat

Tahapan peremajaan diawali dengan mempersiapkan media *Blue Green 11* (BG11) yang merupakan media khusus untuk *blue green algae*. Sebanyak 2 ml isolat mikroalga diinokulasikan ke dalam 50 ml media BG11 dalam botol bening ±100 ml, digoyang menggunakan *shaker*, suhu dikondisikan 29°C, menggunakan sumber cahaya dari lampu 2.000 lux selama tiga minggu atau hingga mencapai nilai OD (*optical density*) 0,5. Selanjutnya pada proses peremajaan dengan volume minimal 500 ml, diberikan aerasi udara.

Tahap 2 Produksi biomassa

Kultivasi dilakukan dengan memindahkan 20% kultur segar mikroalga ke dalam 80 liter

Tabel 1. Komposisi Media Kultur

Komposisi Media	Komposisi BG 11 (g/L)	Komposisi media	Komposisi N2P2 (g/L)
NaNO ₃ p.a	1,5	NaNO ₃ teknis	0,75
K ₂ HPO ₄ p.a	0,04	K ₂ HPO ₄ teknis	0,02
MgSO ₄ ·7H ₂ O p.a	0,02	MgSO ₄ teknis	0,075
CaCl ₂ ·2H ₂ O p.a	0,036	CaCl ₂ teknis	0,036
Citric Acid p.a	0,006	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ teknis	0,0226
Fe ammonium Citrate p.a	0,006	KCl teknis	0,0119
EDTA p.a	0,001	(NH ₄) ₂ SO ₄ teknis	0,5823
Na ₂ CO ₃ p.a	0,075	Na ₂ CO ₃ teknis	0,4876
		Citric Acid p.a teknis	0,006
		Fe ammonium Citrate p.a teknis	0,006
Trace Metal	1 mL	Trace Metal	1 mL
Komposisi trace metal		Komposisi trace metal	
H ₃ BO ₃ p.a	2,86	H ₃ BO ₃ p.a	2,86
MnCl ₂ ·4H ₂ O p.a	1,81	MnCl ₂ ·4H ₂ O p.a	1,81
ZnSO ₄ ·7H ₂ O p.a	0,222	ZnSO ₄ ·7H ₂ O p.a	0,222
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O p.a	0,079	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O p.a	0,39
CuSO ₄ ·5H ₂ O p.a	0,39	CuSO ₄ ·6H ₂ O p.a	0,079
Co(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O p.a	0,049	Co(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O p.a	0,049

Sumber: Data yang Diolah

media N2P2 menggunakan matahari sebagai sumber cahaya, dengan suhu antara 30–38°C. Pertumbuhan setiap isolat mikroalga diukur setiap hari berdasarkan kerapatan optik pada panjang gelombang 620 nm hingga mencapai nilai OD 0,5.⁵ Pemanenan dilakukan pada saat tercapai nilai OD 0,5 dengan cara menambahkan tawas dengan berkonsentrasi 0,3 g/L untuk mengendapkan biomassa mikroalga, kemudian disaring. Biomassa yang diperoleh dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 12–24 jam atau sampai diperoleh bobot kering yang stabil, kemudian dilakukan analisis kadar air,⁹ kadar abu⁹ dan perhitungan rendemen.

Tahap 3 ekstraksi minyak

Biomassa mikroalga yang telah dikeringkan diekstraksi untuk menghasilkan lipid menggunakan metode Hossain dkk.¹⁰ dengan berbagai macam pelarut (etanol, chlorofoam-methanol-air, dan N-heksan), biomassa yang diperlukan sebanyak 2–3 g. Lipid hasil ekstraksi kemudian dianalisis komposisi asam lemak dan total FAMES yang dihasilkannya menggunakan GC FID.¹¹

Analisis Data

Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap. Perlakuan yang diberikan berupa perbedaan jenis pelarut dalam ekstraksi lipid sebanyak tiga taraf dengan dua ulangan. Pengaruh perlakuan terhadap rendemen lipid kemudian dianalisis menggunakan *Analysis of Variance (ANOVA)* dan *microsoft excel*. Berdasarkan *Analysis of Variance (ANOVA)*, perlakuan yang memberikan pengaruh nyata ($P > 0,05$) diuji lanjut dengan *Duncan*

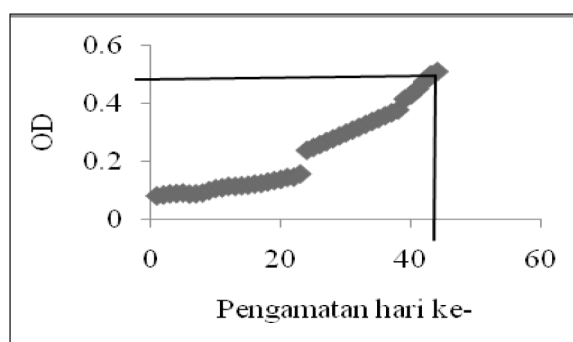
Multiple Range Test (DMRT) menggunakan *software SPSS 13,0*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

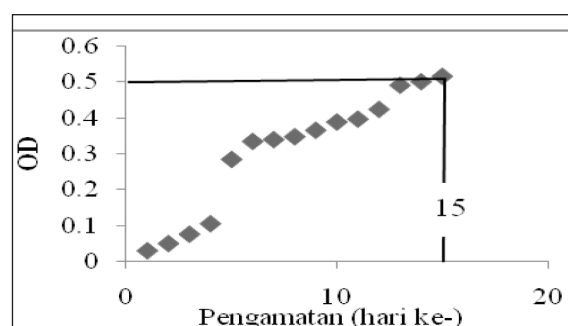
Kultivasi *Chlamydomonas sp.* ICBB 9113

Chlamydomonas sp. ICBB 9113 ditumbuhkan pada skala lab (peremajaan dan penyediaan isolat pada skala lapang) menggunakan media BG 11 dan pada skala lapang ditumbuhkan dengan media teknis N2P2. Umur panen untuk mencapai OD 0,5 pada media BG 11 yaitu 43 hari (Gambar 1), sedangkan pada media teknis N2P2 yaitu 15 hari (Gambar 2). Menurut Arisanti⁵ *Chlamydomonas sp.* ICBB 9113 yang ditanam pada media N2P2 mencapai OD 0,7926 pada hari ke-27.

Laju pertumbuhan isolat mikroalga dalam media BG 11 lebih lambat dibandingkan yang dikultur dalam media teknis. Hal itu disebabkan kondisi lingkungan yang berbeda. Mikroalga yang dikultur dalam media BG 11 bersumber cahaya lampu 2.000 lux, sedangkan pada saat dikultur dalam media teknis bersumber cahaya sinar matahari. Jadi, kemampuan berfotosintesis untuk menghasilkan makromolekul dan regenerasi sel pun lebih cepat. Selain itu, tahap peremajaan dalam media BG 11 merupakan masa adaptasi pertumbuhan sehingga memerlukan waktu yang lebih lama. Menurut Mata dkk.,¹² pertumbuhan alga dipengaruhi oleh faktor abiotik, biotik, dan operasional. Faktor abiotik meliputi cahaya (kualitas dan kuantitas), suhu, konsentrasi nutrisi, O₂, CO₂, pH, salinitas, dan adanya bahan kimia beracun. Faktor biotik antara lain adanya patogen (bakteri, jamur, virus) dan persaingan



Gambar 1. Grafik Kurva Pertumbuhan *Chlamydomonas sp.* ICBB 9113 yang Diremajakan pada Media BG 11



Gambar 2. Grafik Kurva Pertumbuhan *Chlamydomonas sp.* ICBB 9113 yang Ditanam pada Media Teknis N2P2

antaralga lainnya. Faktor operasional misalnya proses pencampuran dan kedalaman media dalam aquarium. Cahaya merupakan faktor pembatas paling penting dalam kultivasi alga, baik di ruang terbuka maupun ruang tertutup.

Rendeman

Perhitungan rendeman bertujuan untuk memperkirakan biomassa kering mikroalga yang dihasilkan dari hasil kultivasi. Rendeman biomassa kering *Chlamydomonas* sp. ICBB 9113 sebesar 0,2438 g/l. Hal ini tidak jauh berbeda dengan hasil Arisanti⁵ yang menyatakan bahwa rendeman biomassa kering *Chlamydomonas* sp. ICBB 9113 sebesar 0,1180 g/l. Menurut Kersey dan Munger,¹³ produksi biomassa mikroalga merupakan faktor penting dalam produksi biodiesel karena biomassa mengandung karbohidrat, protein, dan lipid. Keberhasilan teknik kultur dinilai dari tinggi rendahnya biomassa yang dihasilkan, yang ditentukan oleh kemampuan sel mikroalga untuk tumbuh dan membelah diri. Hal ini dipengaruhi oleh jenis mikroalga, media tumbuh, dan faktor lingkungan, seperti cahaya, suhu, dan pH.

Kadar air *Chlamydomonas* sp. ICBB 9113

Berdasarkan hasil pengukuran, kadar air *Chlamydomonas* sp. ICBB 9113 sebesar (10±0,00)%. Kadar air yang tinggi pada biomassa mikroalga berpengaruh terhadap jumlah pelarut yang diperlukan dalam proses ekstraksi. Semakin tinggi kadar air, semakin banyak pelarut yang digunakan. Selain itu, kadar air juga memengaruhi proses penyimpanan. Kadar air yang relatif tinggi akan mempercepat kemunduran kualitas bahan. Dalam hal ini, kualitas lipid yang dihasilkan akibat reaksi hidrolisis. Menurut Ketaren,¹⁴ hidrolisis adalah reaksi antara air dengan minyak/lemak yang

menyebabkan putusnya beberapa ikatan ester dari minyak/lemak sehingga menghasilkan gliserol dan asam lemak bebas. Reaksi hidrolisis dapat dipercepat oleh suhu dan tekanan yang tinggi dengan kadar air berlebih.

Estraksi Lipid *Chlamydomonas* sp. ICBB 9113

Metode yang digunakan untuk ekstraksi lipid dalam penelitian adalah metode Hossain dkk.⁷ yang dimodifikasi menggunakan pelarut etanol dan n-heksan, Metode Blig & Dyer¹⁵ (pelarut kloroform-metanol-air), dan metode soxhlet dengan pelarut n-heksan. Minyak yang dihasilkan dari proses ekstraksi merupakan minyak kasar. Menurut Cheryan (1988) diacu dalam Rodriguez dkk.,¹⁶ minyak yang berasal dari bahan alami merupakan campuran dari beberapa senyawa sebagai asam lemak bebas, gliserida, fofolipida, sterol, pigmen, atau tokoferol, dan kadang-kadang racun seperti logam berat dan toksin. Untuk mendapatkan minyak murni perlu dilakukan proses pemurnian. Proses pemurnian minyak melalui beberapa tahapan, yaitu *degumming* untuk memisahkan fosfolipid, netralisasi untuk menghilangkan asam lemak bebas dan menurunkan keasaman minyak, *bleaching* untuk menyerap pigmen dan kontaminan, dan deodorisasi untuk menghilangkan bau. Hasil ekstraksi lipid kasar jenis mikrolaga dengan berbagai pelarut dapat dilihat pada Tabel 2.

Perbedaan pelarut dalam ekstraksi berpengaruh terhadap rendemen lipid yang dihasilkan (Tabel 2). Rendeman lipid tertinggi diperoleh dari ekstraksi yang menggunakan pelarut metanol-kloroform-air dan rendemen lipid terendah dari hasil ekstraksi yang menggunakan n-heksan. Hasil uji F untuk mikroalga jenis *Chlamydomonas*

Tabel 2. Hasil Ekstraksi Lipid Kasar *Chlamydomonas* sp. ICBB 9113 dengan Berbagai Pelarut

Jenis pelarut	n-heksan	Etanol	Klorofoam-metanol-air	n-heksan (soxhlet)
Kadar lipid (%)	0,06±0,03a	4,51 ±0,27b	20,45±1,75c	1,25±0,36a

Sumber: Data yang Diolah

angka yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada $\alpha = 0.05$

sp. ICBB 9113 menunjukkan setiap perlakuan untuk jenis pelarut yang berbeda memberikan pengaruh, tetapi tidak berpengaruh nyata antara hasil maserasi dengan n-heksan dan hasil ekstraksi sokhlet menggunakan pelarut n-heksan. Hasil ekstraksi menggunakan kombinasi pelarut kloroform-metanol dengan hasil ekstraksi maserasi dan etanol tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar lipid yang dihasilkan (Tabel 2). Hal ini diduga karena etanol dan metanol memiliki nilai indeks polaritas dan momen dipol yang hampir sama serta memiliki ikatan hidrogen yang kuat. Pada saat ekstraksi menggunakan pelarut metanol-kloroform, kloroform yang digunakan jumlahnya setengah dari jumlah metanol sehingga tidak berpengaruh secara signifikan. Selain itu, kloroform mempunyai nilai solubilitas dan ikatan yang lebih rendah dibandingkan dengan etanol metanol. Menurut Gupta dkk. (1997), Synder (1974), diacu dalam Sheng dkk.,¹⁷ metanol dan etanol memiliki ikatan hidrogen yang kuat, sedangkan kloroform mempunyai ikatan hidrogen yang rendah. Metanol memiliki indeks polaritas (5,1 Debye), etanol (5,2 Debye), dan kloroform (4,1 Debye). Lee dkk. (1998), Madinah dkk. (1998) diacu dalam Halim dkk.¹⁸ menyatakan bahwa ekstraksi lipid menggunakan n-heksan merupakan salah satu pelarut organik yang lebih ramah lingkungan dan dapat digunakan dalam

skala besar. Pelarut heksan kurang efisien dalam mengekstraksi lipid dari mikroalga, tetapi heksan bersifat kurang beracun, memiliki afinitas yang minimal terhadap kontaminan nonlipid, dan memiliki selektivitas yang tinggi terhadap fraksi lipid netral.

Komposisi Asam Lemak dan Total FAMES *Chlamydomonas* sp. ICBB 9113

Asam lemak penyusun minyak dan lemak terdiri dari asam lemak jenuh (*saturated fatty acid*) dan asam lemak tak jenuh (*monounsaturated fatty acid* dan *polyunsaturated fatty acid*). Jumlah dan komposisi asam-asam lemak jenuh dan tak jenuh dalam minyak dan lemak tergantung jenis minyak dan lemak tersebut.¹⁹ Hasil karakterisasi komposisi asam lemak *Chlamydomonas* sp. ICBB 9113 dengan menggunakan pelarut yang berbeda. Total FAMES dapat dilihat pada Tabel 3.

Komposisi asam lemak tertinggi hasil ekstraksi dengan n-heksan, chloroform-metanol-air, etanol, secara berturut-turut yaitu C18:1 sebesar 26% (61,8 mg/100g), C18:3 sebesar 28% (435,2 mg/100g), dan C18:3 sebesar 31% (272,6 mg/100g), sedangkan komposisi asam lemak terendah yaitu C14:0 sebesar 1% (2,8 mg/100g), C18:0 sebesar 0% (0 mg/100g), yaitu C18:0 sebesar 1% (9,8 mg/100g).

Tabel 3. Hasil Karakterisasi Komposisi Asam Lemak *Chlamydomonas* sp. ICBB 9113 dengan Menggunakan Pelarut yang Berbeda dan Total FAMES

Jenis asam lemak	Etanol (mg/100g)	n-heksan (mg/100g)	Kloroform-metanol-air (mg/100g)
C 14 : 0	14,8	2,8	21,4
C 16 : 0	168,2	53,5	288,7
C 18 : 0	9,8	26,4	0
C 14 : 1	46,5	15,1	71,5
C 16 : 1	173,1	30	333,2
C 18 : 1	59,5	61,8	146,9
C 18 : 2	143	26,5	245,2
C 18 : 3	272,6	24,8	435,2
<i>Saturated</i> (mg/100g)	694,8	82,8	310,1
<i>Unsaturated</i> (mg/100g)	192,9	158,2	123,2
<i>Monounsaturated</i> (mg/100g)	279,1	45,1	551,6
<i>Polyunsaturated</i> (mg/100g)	415,1	113,1	680,4
FAMES (mg/100g)	1333,8	384,2	2430,6

Sumber : Data yang Diolah

Hasil karakterisasi asam lemak menggunakan pelarut yang berbeda menunjukkan bahwa pelarut n-heksan, etanol, dan chloroform-metanol-air berturut-turut didominasi oleh asam lemak jenuh, tidak jenuh, dan tidak jenuh ganda. Persentasi PUFAs yang lebih tinggi akan menurunkan titik *cold filter plugging* dan lebih menguntungkan untuk negara-negara beriklim. Namun, meningkatnya jumlah asam lemak tidak jenuh akan menurunkan *cetane number*. Hal itu lebih disukai karena daya pembakaran bahan bakar pada mesin diesel jadi lebih efisien. *Cetane number* mempunyai hubungan yang linear dengan jumlah asam lemak tidak jenuh.²⁰ Knothe dkk.²¹ menyatakan bahwa *cetane number* yang rendah dengan lebih tinggi asam lemak tak jenuh seperti C18:2 dan C18:3, sementara *cetane number* yang tinggi jumlahnya diamati jika asam lemak jenuh seperti C16:0 dan C18:0. Meskipun minyak mikroalga terkenal mempunyai PUFAs yang tinggi dengan tiga atau lebih ikatan rangkap, terdapat spesies yang memiliki jumlah asam lemak jenuh (SFAs) yang tinggi.¹

Produksi biodiesel dari mikroalga melalui proses ekstraksi lipid dari biomassa dan dilanjutkan dengan konversi lipid menjadi *Fatty Acid Metyl Ester (FAMES)* melalui proses transesterifikasi.²² *Fatty acid methyl ester* tertinggi dihasilkan melalui proses ekstraksi lipid dengan metanol-kloroform-air (2430,6 mg/100g) dan FAMES terendah dihasilkan melalui proses ekstraksi lipid dengan n-heksan (384.2 mg/100g) (Tabel 3). Hal tersebut menunjukkan bahwa jumlah kadar lipid yang terekstraksi memengaruhi jumlah FAMES yang terbentuk melalui proses transesterifikasi. Menurut Sheng dkk.,¹⁷ hasil ekstraksi lipid menggunakan metode Folch ($4,20 \pm 0,01\%$, wt%) dan metode Bligh & Dyer ($4,22 \pm 0,00\%$) pada mikroalga *Synechocystis* menghasilkan nilai kuantifikasi *FAMES* dan jumlah asam lemak tertinggi dari biomassa kering.

KESIMPULAN

Lipid tertinggi dihasilkan menggunakan campuran pelarut kloroform-metanol-air (20,45%) dan yang terendah dihasilkan oleh pelarut n-heksan (0,06%), begitu juga *FAMES* yang dihasilkan. Hasil karakterisasi asam lemak dengan menggunakan pelarut yang berbeda menunjukkan

bahwa pelarut heksan, etanol, dan chloroform-metanol-air berturut-turut didominasi oleh asam lemak C18:1, C18:3, dan C18:3. Berdasarkan hal tersebut maka mikroalga *chlamydomonas* sp. ICBB 9113 baik digunakan untuk bahan baku biodiesel.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Chisti, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances* 25(3): 294–306.
- ²Feng, D., Chen, Z., Xue, S., Zhang, W. 2011. Increased lipid production of the marine oleaginous microalgae *Isochrysis zhangjianensis* (Chrysophyta) by nitrogen supplement. *Bioresour. Technol* 102: 6710–6716.
- ³Damiani, M.C., Popovich, C.A., Constenla, D., Leonardi, P.I. 2010. Lipid analysis in *Haematococcus pluvialis* to assess its potential use as a biodiesel feedstock. *Bioresour. Technol.* 101: 3801–3807.
- ⁴Lin, Q., Lin, J. 2011. Effect of nitrogen source and concentration on biomass and oil production of a *Scenedesmus rubescens* like microalga. *Bioresour. Technol* 102: 1615–1621.
- ⁵Arisanti, D. 2011. Produksi karbohidrat, protein, dan lipid mikroalga terseleksi pada kolam sistem *raceway*: penggunaan kombinasi $Za-NaNO_3$ dan $SP-36-K_2HPO_4$ sebagai unsur Hara N dan P. Tesis, Fakultas Pertanian. Bogor: Institut Pertanian Bogor. Hal 1–41.
- ⁶Huang, G., Chen, F., Wei, D., Zhang, X.W., Chen, G. 2010. Biodiesel production by microalgal biotechnology. *Appl. Energy* 87: 38–46.
- ⁷Li, Y. 2008. Biofuels from microalgae. *Biotechnology Progress* 24(4):815–20.
- ⁸Hambali, E., dkk. 2008. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- ⁹Hossain, A.B.M.S. 2008. Biodiesel fuel production from algae as renewable energy. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology* 4 (3): 250–254.
- ¹⁰[AOAC] Association of Official Analytical and Chemistry. 2007. *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Maryland: Association of Official Analytical Chemists inc.
- ¹¹[AOCS] American Oil Chemist' Society. 1990. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society*. USA: AOCS Champaign.
- ¹²Mata, T.M., Martins, A.A., Caetano, N.S. 2010. Microalgae for biodiesel production and other

applications: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14:217–232.

- ¹³Kersey, W.T. and Munger, S.P. 2009. *Marine Phytoplankton*. New York: Nova Science Pub. 396 pp.
- ¹⁴Ketaren, S., 1986. *Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI-Press.
- ¹⁵Bligh, E.G., and Dyer, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37: 911–917.
- ¹⁶Rodriguez, N.R. 2010. Production of omega-3 polyunsaturated fatty acid concentrates: a review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11:1–12.
- ¹⁷Sheng, J., Vannela, R., Rittmann, B.E. 2011. Evaluation of methods to extract and quantify lipids from *Synechocystis* PCC 6803. *Bioresour. Technol* 102: 1697–1703.
- ¹⁸Halim, R., Danquah, M.K., Webley, P.A. 2011. Extraction of oil from microalgae for biodiesel production: a review. *Biotechnology Advances* 30: 709–732.
- ¹⁹Martin, C. 2010. Fractional characterisation of jatropha, neem, moringa, trisperma, castor and candlenut seeds as potential feedstocks for biodiesel production in Cuba. *Biomass and bioenergy* 34: 533–538.
- ²⁰Ramos, M.J. 2009. Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. *Bioresour. Technol* 100: 261–268.
- ²¹Knothe, G., Matheaus, A.C., Ryan, I.I.I.T.W., 2003. Cetane numbers of branched and straight-chain fatty esters determined in an ignition quality tester. *Fuel* 82: 971–975.
- ²²D’Oca, M.G.M., Viegas, C.V., Lemoes, J.S., Miyasaki, E.K., Moron-Villarreyes, J.A., Primel, E.G., Abreu, P.C. 2011. Production of FAMES from several microalgal lipidic extracts and direct transesterification of the *Chlorella pyrenoidosa*. *Biomass Bioenergy* 35: 1533–1538.