



Pengaruh Penambahan Ion Mg^{2+} Terhadap Kandungan Lipid Fitoplankton *Chlorella vulgaris* Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel dengan Metode Ultrasonik

Alfani M. Datu, Indah Raya, M. Zakir

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin
Kampus Tamalanrea Makassar 90425

ABSTRACT

An investigation on the effect of Mg^{2+} on its lipid content from phytoplankton *Chlorella vulgaris* as a raw material for producing biodiesel by ultrasonic method has been carried out. The results showed that Mg^{2+} is good as a nutrient for phytoplankton. The optimum concentration was 0.4 ppm. Total of dry biomass was 32.7902 grams. Lipid was extracted by ultrasonic method using ethanol 95% as solvent. Biodiesels were synthesized in two steps namely esterification by methanol solvent and H_2SO_4 as catalyst, followed by transesterification by using methanol solvent with KOH as a catalyst. Total of biodiesel made was 11.5727 grams and the yield was 35.29%. The result of biodiesel characterised in term of physical and chemical characteristics including: density, viscosity, free fatty acid, saponification value, and iodine value, respectively. Result of the analysis showed that biodiesel characteristics have fulfilled standard the *American Society for Testing and Materials* (ASTM D6751), except value of density and Free Fatty Acid.

Key words: *Chlorella vulgaris*. Mg^{2+} . ultrasonic. esterification. transesterification..

PENDAHULUAN:

Bumi sebagian besar terdiri dari lingkungan perairan yang kaya akan potensi sumber daya terbarukan, khususnya pada wilayah perairan Indonesia. Indonesia sangat berpeluang menjadi penghasil bahan bakar nabati mengingat kekayaan alam Indonesia yang sangat besar terutama kekayaan lingkungan perairannya, diantaranya fitoplankton. Fitoplankton atau mikroalga dapat dimanfaatkan sebagai sumber alternatif penghasil biodiesel, karena selain mengandung protein, karbohidrat dan vitamin, juga mengandung lipid. Kandungan lipid yang terdapat dalam fitoplankton inilah yang akan dikonversi menjadi biodiesel. Keuntungan lain dari fitoplankton adalah tingkat pertumbuhan yang cepat dan produktivitas yang tinggi. Fitoplankton atau mikroalga ini dapat menghasilkan biomassa 50 kali lebih besar dibandingkan tumbuhan yang lebih tinggi lainnya (Li dkk., 2008). Diperkirakan

mikroalga mampu menghasilkan minyak 200 kali lebih banyak dibandingkan dengan tumbuh-tumbuhan penghasil minyak (kelapa sawit, jarak pagar, dll) pada kondisi terbaiknya (Rachmania dkk, 2010), selain itu persaingan lahan dengan tanaman lainnya relatif tidak terjadi karena berbagai jenis mikroalga dapat hidup pada berbagai jenis lingkungan bahkan di daerah yang terbatas tanahnya (Mata dkk., 2010). Mikroalga dapat hidup hampir di semua tempat yang memiliki cukup sinar matahari, air dan CO_2 (Rachmania dkk, 2010).

Penelitian mengenai potensi mikroalga telah banyak dilakukan, namun penelitian terhadap potensi *Chlorella vulgaris* sebagai bahan baku penghasil biodiesel masih sangat kurang, terutama mengenai penambahan nutrisi logam yang dapat menunjang peningkatan hasil produksi biodiesel.

Marschner (1995) dalam EL-Mewally dkk. (2010) menyatakan bahwa

magnesium memiliki peranan fisiologis dan molekul utama dalam tanaman, seperti menjadi komponen pada molekul klorofil, sebagai kofaktor pada berbagai proses enzimatik yang terkait dengan fosforilasi, defosforilasi, dan hidrolisis pada berbagai senyawa, serta sebagai penstabil struktur berbagai nukleotida. Sedikitnya 15- 30% dari total magnesium dalam tanaman bergabung dengan molekul klorofil.

Kation logam magnesium (Mg^{2+}) merupakan inti dari molekul klorofil yang mutlak diperlukan oleh mikroalga untuk meningkatkan produksi klorofil, tetapi dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap pertumbuhan mikroalga pada kondisi media defisiensi atau surplus Mg^{2+} , sehingga diperlukan konsentrasi yang tepat (Astuti, 2011).

Sebuah teknologi baru yang potensial yang dapat meningkatkan ekstraksi senyawa lipofilik dari tanaman adalah ultrasound intensitas tinggi. Ultrasonik intensitas tinggi dapat mempercepat panas dan transportasi massal dalam berbagai proses pengolahan makanan dan telah berhasil digunakan untuk meningkatkan pengeringan, pencampuran, homogenisasi dan ekstraksi. Ultrasonik merupakan aplikasi pada intensitas tinggi, frekuensi gelombang suara tinggi dan interaksinya dengan bahan (Li dkk., 2004).

Dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, terbukti bahwa metode ultrasonik ini lebih efisien dibandingkan dengan metode lainnya, dimana dapat lebih mempercepat reaksi, katalis yang digunakan lebih sedikit serta dapat mengurangi rasio alkohol terhadap minyak. Hal ini disebabkan karena metode ultrasonik ini dapat menyebabkan perubahan fisika dan kimia pada suatu media melalui pembentukan dan pemecahan gelembung-gelembung kavitas yang terjadi secara simultan dan terus menerus (Supardan, 2011).

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Biakan fitoplankton *Chlorella vulgaris*, air laut, akuades, $FeCl_2 \cdot 6H_2O$, $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, H_3BO_3 , Na-EDTA, $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$, $NaNO_3$, $ZnCl_2$, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$, vitamin B_{12} , vitamin B_1 , $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, natrium boraks, KIO_3 , H_2SO_4 , n-heksana teknis, kalium iodida, metanol p.a (E-Merck), kalium hidroksida (KOH E-Merck), larutan KOH alkoholik, HCl, $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, Na_2SO_4 anhidrat, asam oksalat, indikator fenoltalein, Indikator metil orange, etanol 98 %, iodin (I_2), amilum, kertas saring, *tissue roll*, kertas label, kapas, dan aluminium foil.

Alat Penelitian

Alat-alat gelas yang pada umumnya digunakan dalam laboratorium, toples yang terbuat dari bahan gelas, aerator, salinometer, *centrifuge*, *haemocytometer*, mikroskop, desikator, pompa vakum, corong Buchner, *waterbath*, corong pisah 250 mL Pyrex, penangas air, *rotary evaporator Butchi*, *blower*, viskometer Oswald, piknometer 10 mL, buret 50 mL Pyrex, neraca analitik, dan alat ultrasonik S 40 H Elmasonic.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik dan Kimia Fisika, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada bulan Februari 2013- Mei 2013.

Metode Kerja

Mengkultur Fitoplankton Laut *Chlorella vulgaris*

Air laut yang telah steril ditambahkan medium Conway dan dikondisikan gas CO_2 dengan proses aerasi kemudian ditambahkan ion Mg^{2+} ke dalam setiap kultur yang berbeda dengan variasi

konsentrasi 0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5; dan 2,0 ppm, dan ditambahkan dengan fitoplankton. Selanjutnya kultur fitoplankton dihitung kepadatan selnya.

Isolasi Lipid Fitoplankton Laut *Chlorella vulgaris* (Surya, 2006)

Fitoplankton laut *Chlorella vulgaris* yang sudah dikeringkan dalam oven, masing-masing dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian dicampur dengan pelarut etanol 96 % dengan perbandingan 1 : 3 b/v, kemudian dipanaskan pada reaktor ultrasonik. Hasil yang diperoleh kemudian dipisahkan dengan menggunakan *rotary evaporator*. Minyak yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menentukan asam lemak bebasnya.

Sintesis Biodiesel Melalui Metode Ultrasonik (Stavarache dkk., 2007; Surya, 2006)

Minyak murni dari fitoplankton laut *Chlorella vulgaris* yang sudah diperoleh, masing dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dipanaskan dalam reaktor ultrasonik pada suhu 50-60 °C, kemudian dicampur dengan larutan yang terbuat dari metanol (perbandingan molar minyak : metanol = 1 : 12) dan katalis H_2SO_4 (9 % berat minyak) selama ± 2 jam, setelah itu dilanjutkan dengan penggunaan katalis KOH (9 % berat minyak). Selama proses esterifikasi dan transesterifikasi, suhu pemanasan perlu dijaga yakni pemanasan hingga suhu 60 °C. Selanjutnya, hasil transesterifikasi didiamkan selama 20 jam, kemudian dipisahkan antara biodiesel dengan gliserol, yakni fasa atas merupakan biodiesel dan fasa bawah merupakan gliserol. Biodiesel yang diperoleh disentrifugasi untuk menghilangkan sedimennya dan diuapkan pada suhu 70-80 °C untuk menguapkan sisa metanol. Hasilnya kemudian diukur untuk menentukan sifat kimia dan fisika biodiesel.

Analisis Sifat Fisik Biodiesel

- **Analisis Densitas Biodiesel (Tabadkk, 2011)**

Menentukan densitas biodiesel tersebut, digunakan alat yang dikenal dengan sebutan piknometer. Cara kerjanya yaitu piknometer kosong yang telah dibersihkan ditimbang dengan menggunakan neraca analitik, kemudian diisi dengan akuades sampai penuh lalu ditimbang. Akuades digunakan sebagai pembanding untuk mengurangi kesalahan pengukuran nilai. Selanjutnya piknometer dikeringkan, kemudian diisi dengan metil ester (biodiesel) ke dalam piknometer, lalu ditimbang dengan menggunakan neraca analitik. Hasil penimbangan tersebut dicatat dalam satuan gram (Sudarmadji, 1989). Perhitungan densitas biodiesel (g/cm^3) dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$d_b^t = S_g^t \times d_{aq}^t (40\text{ }^\circ\text{C})$$

- **Analisis Viskositas Biodiesel dengan Viskometer Ostwald (Tabadkk, 2011)**

Akuades dimasukkan ke dalam labu contoh sehingga jika cairan itu dipindahkan ke labu pengukur, cairan masih tersisa setengahnya. Cairan diisap ke labu pengukur menggunakan bulb sampai melewati tanda batas pertama, kemudian dibiarkan mengalir bebas hingga ke tanda batas kedua. Waktu yang diperlukan cairan untuk mengalir dari tanda batas pertama ke tanda batas kedua diukur dengan stopwatch, kemudian dicatat. Akuades kemudian diganti dengan biodiesel dan dilakukan prosedur yang sama seperti akuades sebelumnya. Perhitungan viskositas biodiesel (cP) dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$\eta_b = \frac{\rho_c \times t_c}{\rho_a \times t_a} \times \eta_a$$

Koefisien Viskositas Kinematik (cSt) = $\frac{\eta_b}{d_b^t}$

Analisis Sifat Kimia Lipid dan Biodiesel

- **Analisis Kadar Air untuk Lipid**

Penentuan kadar air dilakukan dengan mengeringkan contoh dalam oven pada suhu 105-110 °C. Pertama, wadah tahan panas dipanaskan dalam oven pada suhu 105-110 °C selama 30 menit kemudian ditempatkan pada desikator. Setelah dingin, wadah ditimbang sehingga diperoleh berat wadah kosong. Selanjutnya, ke dalam wadah ditambahkan 0,2 g sampel kemudian dioven pada suhu 105-110 °C selama 1 jam. Wadah yang didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang sampai berat konstan. Pekerjaan ini diulang sebanyak tiga kali (Sudarmadji, 1989).

- **Analisis Angka Penyabunan untuk Biodiesel**

Biodiesel sebanyak 0,5 g dimasukkan dalam labu erlenmeyer 100 mL, kemudian ditambahkan 50 mL KOH 0,5 N alkoholik. Selanjutnya dididihkan sampai minyak tersabunkan secara sempurna ditandai dengan tidak terlihatnya butir-butir lemak atau minyak dalam larutan. Setelah didinginkan kemudian dititrasi dengan HCl 0,5 N menggunakan indikator fenolftalein. Titik akhir titrasi ditandai dengan tepat hilangnya warna merah (Sudarmadji, 1989).

Perhitungan angka penyabunan (mg KOH/g) dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$\text{Angka Penyabunan} = \frac{V \text{ HCl}_{\text{blanko}} - V \text{ HCl}_{\text{minyak}}}{\text{Berat minyak}} \times N \text{ HCl} \times 56,1$$

- **Analisis Asam Lemak Bebas untuk Lipid dan Biodiesel**

Lipid sebanyak 5 g dimasukkan dalam labu erlenmeyer 100 mL, ditambahkan 50 mL alkohol netral 95 % kemudian dipanaskan dalam waterbath sampai terbentuk larutan homogen. Setelah didinginkan kemudian dititrasi dengan KOH 0,1 N menggunakan indikator fenolftalein. Dihitung kadar

asam lemak bebasnya (Sudarmadji, 1989). Perhitungan asam lemak bebas (%) dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$\% \text{ FFA} = \frac{N \text{ KOH} \times V \text{ KOH} \times 256}{\text{gram minyak} \times 1000} \times 100\%$$

Prosedur diatas diulang digunakan untuk analisis asam lemak bebas biodiesel dengan mengganti lipid dengan biodiesel.

Analisis Bilangan Iodium

Bilangan iodium ditentukan dengan cara titrasi. Prosedur kerjanya sebagai berikut: sebanyak 0,2 g biodiesel dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 5 mL HCl 5 % sambil diaduk hingga homogen lalu ditutup dengan aluminium foil dan dididihkan selama 1 menit. Setelah didinginkan, ke dalam larutan ditambahkan 15 mL iodium 0,05 M lalu ditutup dengan segera dan dikocok selama 1 menit kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh dipipet sebanyak 5 mL dan dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat hingga berwarna kekuningan lalu ditambahkan 2 tetes larutan amilum 1 %. Selanjutnya, titrasi dilanjutkan hingga tidak berwarna. Catat volume larutan peniter dan ditentukan nilai bilangan iodiumnya (Staf Pengajar Kimia Fisika, 2009).

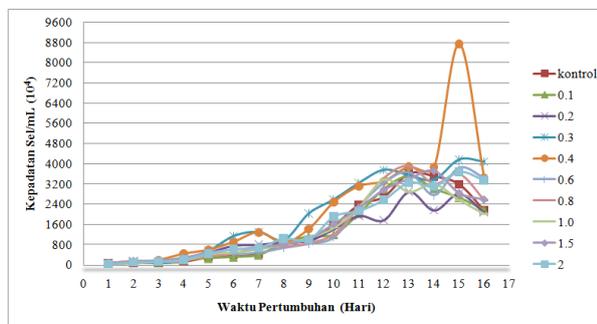
$$\text{Angka Iod} = \frac{(v_b - v_s) \times N \text{ Na}_2\text{SO}_4 \times \text{Mek Iod}}{\text{berat contoh}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN**Pola Pertumbuhan Fitoplankton *Chlorella vulgaris***

Pola pertumbuhan *Chlorella vulgaris* pada penambahan ion Mg²⁺ dalam media pertumbuhan dengan variasi konsentrasi 0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5; dan 2,0 ppm dapat dilihat pada Gambar 1.

Konsentrasi ion Mg²⁺ 0,3; 0,4; 0,6; 1,5; dan 2,0 ppm merupakan konsentrasi yang baik untuk nutrisi pertumbuhan *Chlorella vulgaris*. Pada konsentrasi

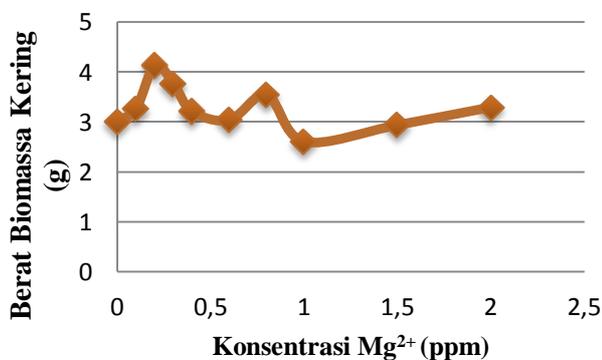
tersebut tingkat kepadatan sel *Chlorella vulgaris* lebih tinggi dari tingkat kepadatan sel *Chlorella vulgaris* yang tumbuh pada media kontrol. Konsentrasi 0,1; 0,2; 0,8; dan 1,0 ppm kurang memiliki pengaruh yang cukup baik dalam penggunaannya sebagai nutrisi pertumbuhan *Chlorella vulgaris*. Hal ini dapat dilihat dari tingkat pertumbuhannya yang lebih rendah dari tingkat pertumbuhan *Chlorella vulgaris* pada media kontrol. Konsentrasi optimum Mg^{2+} yang dapat meningkatkan pertumbuhan *Chlorella vulgaris* adalah 0,4 ppm, dimana tingkat pertumbuhan *Chlorella vulgaris* pada konsentrasi tersebut merupakan yang tertinggi yaitu 8745 kepadatan sel/ mL ($\times 10^4$).



Gambar 1. Grafik Pola Pertumbuhan Fitoplankton *Chlorella vulgaris* dengan penambahan ion Mg^{2+}

Produksi Biomassa Kering

Biomassa yang dihasilkan dari kultur fitoplankton *Chlorella vulgaris* dengan penambahan ion Mg^{2+} dapat diamati pada Gambar 2.



Gambar 2. Biomassa Kering Kultur dengan Penambahan Ion Mg^{2+}

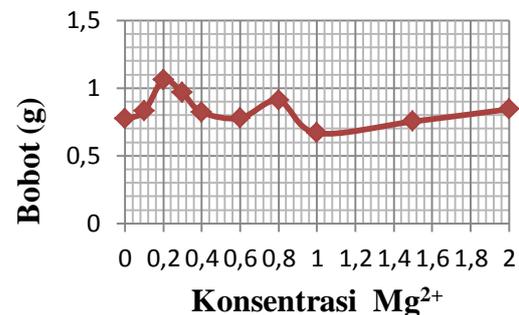
Berdasarkan Gambar di atas biomassa kering terbanyak dihasilkan pada kultur dengan konsentrasi Mg^{2+} yaitu 0,2; 0,3; dan 0,8 ppm. Total biomassa yang dihasilkan dari kultur yang ditambahkan ion Mg^{2+} adalah 32,7902 gram.

Produksi Lipid dari Biomassa Kering Fitoplankton *Chlorella vulgaris*

Waktu ekstrak berlangsung selama 17 jam 45 menit. Lipid tersebut dapat terekstrak dengan cepat karena adanya gelombang kavitasi akustik yang ditimbulkan oleh alat ultrasonik tersebut. Gelembung kavitasi muncul secara simultan dan terus menerus yang merata pada seluruh cairan dan terjadi sirkulasi yang tampak seperti gejala pengadukan.

Lipid total kultur yang ditambahkan ion Mg^{2+} dengan beberapa variasi konsentrasi adalah 8,4056 gram.

Tingkat produksi lipid dari masing-masing kultur dapat diamati pada Gambar berikut:



Gambar 3. Lipid yang diperoleh dari Kultur yang ditambahkan Ion Mg^{2+}

Total lipid yang diperoleh dari kultur yang ditambahkan ion Mg^{2+} adalah 8,4056 gram. Lipid yang telah dihasilkan tersebut disiapkan untuk proses sintesis biodiesel.

Analisis Asam Lemak Bebas

Hasil analisis kadar asam lemak bebas lipid yang telah diperoleh dari biomassa kering kultur Mg^{2+} adalah 6,8389%. Nilai asam lemak bebas tersebut sangat tinggi, dimana standar untuk kandungan asam lemak bebas dalam lipid adalah $\leq 2\%$. Oleh karena itu proses

sintesis biodiesel dilakukan dua tahap. Tahap pertama yaitu esterifikasi untuk mengubah asam lemak bebas menjadi metil ester. Tahap kedua yaitu transesterifikasi, dimana pada tahap ini trigliserida diubah menjadi metil ester (biodiesel).

Sintesis Biodiesel Menggunakan Ultrasonik

Sintesis biodiesel dilakukan melalui dua tahap, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi.

Proses esterifikasi dilakukan selama 2 jam dalam alat ultrasonik. Perbandingan jumlah sampel dengan pelarut yang digunakan adalah 1:12, dan katalis asam yang digunakan adalah H_2SO_4 sebanyak 9% dari jumlah sampel.

Tabel 1. Jumlah Pelarut dan Katalis pada Reaksi Esterifikasi

Jenis Sampel	Sampel (gram)	Pelarut (mL)	H_2SO_4 (gram)
Sampel dalam kultur Mg^{2+}	6,9741	10 mL	0,6625

Proses transesterifikasi yang berlangsung selama 4 jam. Perbandingan jumlah sampel dengan pelarut adalah 1:12, dan katalis basa yang digunakan adalah KOH sebanyak 9% dari jumlah sampel.

Tabel 2. Jumlah Pelarut dan Katalis pada Reaksi Transesterifikasi

Jenis Sampel	Sampel (gram)	Pelarut (mL)	KOH (gram)
Sampel dalam kultur Mg^{2+}	6,9741	10 mL	0,6625

Setelah proses transesterifikasi, sampel didiamkan selama 20 jam hingga terbentuk 2 fasa. Fasa atas merupakan fasa biodiesel, dan fasa bawah merupakan gliserol. Selanjutnya dilakukan pemisahan antara biodiesel dan gliserol.

Jumlah biodiesel yang dihasilkan adalah 11,5727 gram, dan berat rendamen adalah 35,29%. Biodiesel tersebut kemudian dikarakterisasi sifat fisik dan kimia.

Uji Sifat Fisik Biodiesel dari Lipid *Chlorella vulgaris*

• **Hasil Analisis Densitas Biodeiesel**

Analisis densitas biodiesel dilakukan pada suhu $40^{\circ}C$ dengan menggunakan piknometer. Hasil analisis densitas biodiesel adalah:

Tabel 3. Densitas Biodiesel

Sampel	Densitas Sampel (g/cm^3)	ASTM D6751 (g/cm^3)
Biodiesel dari kultur dengan penambahan ion Mg^{2+}	0,95	0,82-0,90

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, densitas biodiesel masih sedikit menyimpang dari standar ASTM D6751, dimana standar densitas biodiesel yang dianjurkan dalam ASTM D6751 adalah 0,82-0,90 g/cm^3 .

Tingginya densitas tersebut dapat diatasi dengan lebih memurnikan biodiesel yang telah diperoleh. Salah satu cara untuk menghilangkan pengotor dalam biodiesel tersebut adalah dengan sentrifugasi.

• **Hasil Analisis Viskositas Biodiesel**

Karakterisasi sifat fisik biodiesel selanjutnya yaitu analisis viskositas biodiesel. Analisis viskositas biodiesel dilakukan pada suhu $40^{\circ}C$ dengan menggunakan viskometer ostwald. Hasil analisis viskositas biodiesel dapat diamati pada tabel berikut:

Tabel 4. Viskositas Biodiesel

Sampel	Vikositas Kinematik (cSt)	ASTM D6751 (cSt)
Biodiesel dari kultur dengan penambahan ion Mg ²⁺	2,07	1,6-5,8

Berdasarkan tabel diatas, viskositas biodiesel telah memenuhi standar ASTM D6751.

Uji Sifat Kimia Biodiesel

- **Analisis Asam Lemak Bebas**

Analisis asam lemak bebas dilakukan dengan menambahkan alkohol netral 95% ke dalam erlenmeyer yang berisi biodeiesel, kemudian dipanaskan dan dititrasi dengan KOH menggunakan indikator fenolftalein. Hasil pengukuran asam lemak bebas yang dilakukan ditunjukkan pada tabel berikut:

Sampel	FFA (%)	ASTM D6751 (%)
Biodiesel dari kultur dengan penambahan ion Mg ²⁺	3,8485 %	Maksimum 0,45 %

Tabel 5. Kadar Asam Lemak Bebas

Berdasarkan hasil analisis terhadap kadar asam lemak bebas, maka kadar asam lemak bebas dari biodiesel yang dihasilkan tidak memenuhi ASTM D6751.

- **Analisis Bilangan Penyabunan**

Angka penyabunan merupakan banyaknya mg KOH yang digunakan untuk menyabunkan 1 g minyak. Bilangan penyabunan menunjukkan secara relatif besar kecilnya molekul asam lemak yang terkandung dalam minyak. Minyak yang tersusun atas asam lemak berantai C pendek, berat molekulnya kecil sehingga

angka penyabunannya relatif besar dan sebaliknya (Panangan dkk., 2011).

Tabel 6. Bilangan Penyabunan

Sampel	Bilangan Penyabunan (mg KOH/g)	ASTM (mg KOH/g)
Biodiesel dari kultur dengan penambahan ion Mg ²⁺	43,30	< 500

- **Analisis Bilangan Iodium**

Bilangan iod merupakan ukuran ketidak jenuhan dari minyak atau lemak. Metil ester asam lemak yang memiliki derajat ketidak jenuhan yang tinggi tidak cocok digunakan untuk biodiesel. Molekul yang tidak jenuh tersebut dapat bereaksi dengan oksigen dari atmosfer sehingga metil ester tersebut terkonversi menjadi peroksida. Sebagai akibatnya akan terjadi deposit pada mesin diesel (Irdoni, 2012). Hasil analisis bilangan iodium untuk biodiesel yang dihasilkan dapat diamati pada tabel berikut:

Tabel 7. Bilangan Iodium

Sampel	Bilangan Iodium (%)	ASTM D6751 (%)
Biodiesel dari kultur dengan penambahan ion Mg ²⁺	12,21	Maksimum 115

Hasil analisis bilangan iodium tersebut menunjukkan bahwa bilangan iodium biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar ASTM D6751.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa ion Mg²⁺ dapat meningkatkan pertumbuhan fitoplankton *Chlorella vulgaris* pada konsentrasi optimumnya. Konsentrasi optimum ion Mg²⁺ yang dapat meningkatkan pertumbuhan fitoplankton

adalah 0,4 ppm. Biodiesel yang dihasilkan adalah 11,5727 gram.

Kualitas biodiesel dari kultur yang ditambahkan ion Mg²⁺ sebagian besar telah memenuhi standar ASTM, kecuali densitas dan % FFA, yakni densitas sebesar 0,95 g/cm³, viskositas 2,07 mm²/s, % FFA 3,8485 %, angka penyabunan 43,30 mgKOH/g, dan angka iod 10,67 %.

kultur yang ditambahkan ion Fe³⁺ sebagian besar juga telah memenuhi standar ASTM, kecuali densitas dan % FFA, yakni densitas sebesar 0,94 g/cm³, viskositas 1,68 mm²/s, % FFA 1,3885 %, angka penyabunan 58,49 mgKOH/g, dan angka iod 12,21 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, J.T., Sriwuryandri, L., dan Sembiring, T., 2011, Pengaruh Penambahan Mg²⁺ Terhadap Produktifitas Komposisi Asam Lemak Microalgae *Scenedesmus* Sebagai Bahan Biodiesel, *Jurnal Riset Industri*, **5** (3): 265-274.
- EL-Metwally, A.E., Abdalla, F.E., El-Saady, A.M., Safina, S.A., and El-Sawy S.S., 2010, Response of Wheat to Magnesium and Copper Foliar Feeding under Sandy Soil Condition, *J. Am. Sci.*, **6** (12): 818-823.
- Irdoni, H.S., 2012, Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas l*) dengan menggunakan Katalis Abu Tandan Sawit, (Online), (<http://repository.unri.ac.id/bitstream/123456789/506/1/irdoni1.PDF>, diakses 8 Mei 2012).
- Li, H., Pordesimo, L., and Weiss, J., 2004, High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans, *Food Res. Int.*, **37**: 731-738.
- Li, Y., Horsman, M., Lan, C.Q., and Dubois-Calero M., 2008, Biofuels from Microalgae, *Biotechnol. Prog.*, **24** (4): 815-820.
- Liu ZY, Wang GC, and Zhou BC. 2008. Effect of iron on growth and lipid accumulation in *Chlorella vulgaris*. *Bioresour. Technol.*, **99** (11): 4717-4722.
- Mata, T.M., Martins, A.A., and Caetano, N.S., 2010, Microalgae for Biodiesel Production and other Applications: A Review, *Renew. and Sustainable Energy Reviews*, **14** (1): 217-232.
- McNamara III, W.B., Didenko, Y.T., and Suslick, K.S., 1999, Sonoluminescence temperatures during multi-bubble cavitation, *Nature*, **401**:772-775.
- Panangan, A.T., Yoandini H., dan Gultom J.U., 2011, Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Asam Lemak Tak Jenuh Omega-3 dari Minyak Ikan Patin (*Pangasius pangasius*) dengan Metoda Kromatografi Gas, *Jurnal Penelitian Sains*, **14** (4): 38-42.
- Rachamniah, O., Setyarini, R.D., dan Maulida, L., 2010, Pemilihan Metode Ekstraksi Minyak Alga dari *Chlorella* sp. dan Prediksinya Sebagai Biodiesel, Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

- Stavarache, C., Vinatoru, M., and Maeda, Y., 2007, Aspects of Ultrasonically Assisted Transesterification of Various Vegetable Oils WITH methanol, *Ultrason. Sonochem.*, **14**: 380-386.
- Sudarmadji, S., 1989, *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*, Liberty Yogyakarta, Yogyakarta.
- Supardan, M.D., 2011, Penggunaan Ultrasonik Untuk Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, **8** (1): 11-16.
- Surya, D., 2006, *Optimalisasi Proses Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Jarak Pagar (Jathropa curcas L.) Dengan Menggunakan Katalis KOH Berdasarkan variasi suhu*, skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Taba, P., Zakir, M., Kasim, A.H., dan Fauziah, S., 2011, *Penuntun Praktikum Kimia Fisika*, Laboratorium Kimia Fisika Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Makassar.