

Physical Properties of Biodiesel from Microalgae *Chlorella Vulgaris*

Adjar Pratoto^{1,*}, Rury Dwi Nurhadi¹ dan Abdi Dharma²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fak. Teknik, Universitas Andalas, Padang 25163, Indonesia

²Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Andalas, Padang 25163, Indonesia

*Corresponding author: adjar.pratoto@eng.unand.ac.id

Abstract. The present paper deals with production and characterization of biodiesel from microalgae *chlorella vulgaris*. Microalgae cultivation was performed at laboratory scale using an aerated pond. The production of biodiesel consists mainly of lipid extraction from the biomass substrate and conversion of the lipid into methyl ester. The lipid was extracted from the biomass by using the method of *Bligh and Dyer*. A mixture of trichloromethane and methanol with the ratio of 2 : 1 (v/v) was used as solvent. The yield of oil extraction is 16.4%. The conversion of lipid into biodiesel was made through transesterification. The solvent used was methanol with mass ratio to lipid was 6 : 1 and 1% by mass of potassium hydroxide was used as catalyst. This process yields 67.7% of methyl ester. The composition of the biodiesel obtained from transesterification was examined by using GC-MS. The results show that the main component the biodiesel from microalgae *chlorella vulgaris* is hexadecanoic acid. The physical properties of the biodiesel were predicted by using empirical relation available on the literature. The results show that the physical properties of the biodiesel produced from microalgae *chlorella vulgaris* in general comply with most biodiesel standards.

Abstrak. Makalah ini membahas karakteristik biodiesel yang dihasilkan dari mikroalga *Chlorella Vulgaris*. Kultivasi mikroalga dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan wadah statik yang diaerasi. Proses pembuatan biodiesel meliputi dua tahapan utama, yaitu ekstraksi lipid dari biomassa mikroalga dan konversi lipid menjadi metil ester melalui transesterifikasi. Ekstraksi lipid dari mikroalga dilakukan dengan menggunakan metode *Bligh dan Dyer* dengan pelarut berupa campuran kloroform dan metanol dengan perbandingan 2 : 1 (v/v). Rendemen dari ekstraksi lipid tersebut diperoleh sebesar 16,4%. Lipid mikroalga dikonversi menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi. Sebagai pelarut digunakan methanol dengan perbandingan massa terhadap lipid sebesar 6 : 1. Adapun, katalis yang digunakan adalah kalium hidroksida sebanyak 1% dari massa lipid. Dari proses ini, dihasilkan metil ester sebanyak 67,7%. Komposisi biodiesel yang diperoleh dari proses transesterifikasi ditentukan dengan menggunakan GC-MS. Dari uji komposisi, diketahui bahwa kandungan utama dari biodiesel yang diperoleh dari mikroalga *chlorella vulgaris* adalah asam palmitat. Sifat fisik biodiesel diperkirakan dengan menggunakan persamaan empirik yang ada dalam literature. Hasil perkiraan tersebut memperlihatkan bahwa secara umum biodiesel dari mikroalga *chlorella vulgaris* memenuhi berbagai standar biodiesel.

Keywords: mikroalga, *chlorella vulgaris*, biodiesel, sifat fisik

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Seiring dengan pertumbuhan industri dan aktifitas urban, kebutuhan terhadap bahan bakar di sektor transportasi juga meningkat. Sejauh ini, kebutuhan bahan bakar tersebut dipenuhi oleh bahan bakar fosil. Namun, ketersediaan bahan bakar fosil diperkirakan akan semakin sulit untuk memenuhi kebutuhan tersebut dalam masa masa mendatang. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil tersebut juga ditengarai meningkatkan pemanasan global. Saat ini, sektor transportasi menyumbang 21% emisi global CO₂, kedua di bawah emisi dari pembangkit tenaga listrik [1]. Berbagai upaya untuk memenuhi kebutuhan bahan

bakar yang lebih ramah lingkungan telah dan terus diupayakan. Bahan bakar nabati generasi pertama dikembangkan dengan memanfaatkan produk-produk hasil pertanian, seperti gula tebu, gula bit, jagung, dan sebagainya. Tetapi, pengembangan bahan bakar nabati dari produk-produk tersebut memicu penurunan ketersediaan air dan pengurangan area hutan, yang pada gilirannya akan mengurangi daya dukung lingkungan. Selain itu, pengembangan bahan bakar tersebut juga memunculkan dilema antara pemenuhan kebutuhan pangan dan energi. Pengembangan bahan bakar nabati generasi kedua dari bahan selulosik yang berasal dari limbah pertanian dan perkebunan serta bahan tanaman non-pangan dimaksudkan untuk

mengatasi masalah yang dihadapi dalam pengembangan bahan bakar nabati generasi pertama. Namun demikian, pengembangan bahan bakar nabati generasi kedua ini juga menimbulkan masalah dalam penyediaan lahan maupun dalam tata guna lahan. Pengembangan bahan bakar nabati generasi ketiga, khususnya yang berbahan baku mikroalga, dipandang sebagai alternatif yang secara teknis-ekonomis lebih layak dibandingkan dengan bahan bakar nabati generasi pertama dan kedua [2]. Mikroalga merupakan salah satu biomassa yang potensial untuk menghasilkan bahan bakar nabati, misalnya biodiesel. Pengembangan mikroalga sebagai bahan bakar nabati telah menjadi subyek dari berbagai penelitian sejak beberapa dekade yang lalu [3, 4]. Perolehan minyak per hektar dari kultur mikroalga jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman darat lainnya [5,6]. Tabel 1 memperlihatkan perbandingan perolehan minyak dari berbagai sumber biomassa. Kandungan minyak dari mikroalga jenis tertentu dapat mencapai 80% dari berat keringnya, namun rata-rata berkisar antara 20 hingga 50% [5]. Dengan produktivitas biomassa yang tinggi, biodiesel dari mikroalga dipandang mampu menggantikan sepenuhnya bahan bakar fosil [5,7]. Selain itu, kultivasi mikroalga yang membutuhkan CO₂ dapat diselaraskan dengan program mitigasi gas rumah kaca [8].

Tabel 1 Produksi minyak dari beberapa biomassa [9]

| Tanaman | Produksi minyak (gal/ha) |
|---|--------------------------|
| Jagung | 18 |
| Kapas | 35 |
| Kedelai | 48 |
| Biji mustard | 61 |
| Bunga matahari | 102 |
| Kanola | 127 |
| Jarak pagar | 202 |
| Kelapa sawit | 635 |
| Alga (10 g/m ² /hari pada 15% TAG) | 1.200 |
| Alga (50 g/m ² /hari pada 50% TAG) | 10.000 |

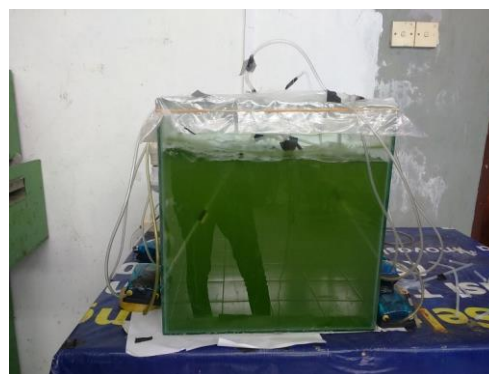
Di antara berbagai jenis atau spesies mikroalga, *Chlorella* dipandang sesuai untuk produksi biodiesel [10,11]. Makalah ini mengkaji potensi mikroalga hijau air tawar (*Chlorella vulgaris*) sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

Metode Penelitian

Kultivasi Mikroalga

Isolat bibit mikroalga sebanyak 200 ml yang akan dibiakkan dimasukkan ke dalam 4 botol kaca

dengan ukuran masing-masing 500 ml untuk digunakan sebagai *starter*. Ke dalam masing-masing botol, ditambahkan pupuk dan vitamin B1. Selama pembiakan, botol-botol tersebut diletakkan di bawah cahaya lampu Neon sebesar 40 W dan dilakukan aerasi dengan menggunakan aerator akuarium. Proses pembiakan starter mikroalga berlangsung selama tiga minggu. Setelah itu, mikroalga dipindahkan ke dalam tangki yang lebih besar, yaitu dengan ukuran 60 liter. Selama pembiakan aerasi tetap dilakukan dengan menggunakan aerator akuarium. pembiakan dihentikan bila mikroalga telah berwarna hijau pekat (Gb.1).



Gambar 1 Kultivasi mikroalga

Setelah pembiakan selesai, dilakukan pemanenan biomassa. Sebelum pemanenan biomassa dimulai, semua aerator dimatikan dan mikroalga didiamkan selama tiga hari agar biomassa mengendap pada bagian bawah. Setelah mengendap, endapan mikroalga diambil. Biasanya endapan ini masih mengandung medium. Untuk memisahkannya, dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan putar sebesar 3000 rpm selama 20 menit. Biomassa dan medium akan terpisah ke dalam dua fasa; fasa atas merupakan biomassa dan fasa bawah medium. Biomassa mikroalga tersebut kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari.

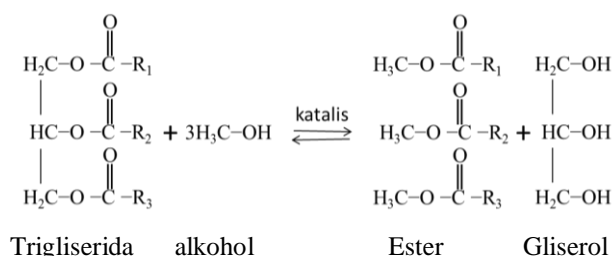
Ekstraksi Lipid

Ekstraksi lipid dari mikroalga dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti ekstraksi mekanik, dengan pelarut, enzimatik, dengan gelombang ultrasonik ataupun gelombang mikro, dan lain-lain [12]. Pada penelitian ini, ekstraksi dilakukan dengan metode *Bligh & Dyer* [13]. Mikroalga yang telah dikeringkan tersebut kemudian digiling dengan menggunakan *grinder*. D'Oca, et al. [14] melaporkan bahwa dari beberapa jenis campuran pelarut, campuran kloroform dan metanol dengan perbandingan 2:1 (v/v) memberikan hasil ekstraksi lipid yang tertinggi. Pada penelitian ini, juga digunakan pelarut kloroform dan metanol dengan

perbandingan 2:1 (v/v). Mikroalga dan pelarut dicampur dan kemudian diputar (vorteks) selama 60 detik. Selanjutnya, ke dalam campuran tersebut ditambahkan akuades dengan volume separuh dari volume pelarut dan campuran diputar lagi sehingga terbentuk dua fasa cairan. Lapisan lipid yang masih mengandung pelarut dimurnikan dengan cara dipanaskan di dalam oven dengan suhu sebesar 50°C untuk menguapkan kloroform dan metanol. Dari proses ekstraksi, rendemen ekstraksi lipid dari biomassa mikroalga diperoleh sebesar 16,4%. Umumnya, kandungan lipid dari mikroalga *Chlorella Vulgaris* berkisar antara 14-22% dari berat kering [14].

Transesterifikasi

Konversi lipid menjadi FAME (*Fatty Acid Metyl Ester*) dapat dilakukan melalui berbagai proses, seperti mikroemulsifikasi, pirolisis, transesterifikasi, dan sebagainya. Dari berbagai metode tersebut, transesterifikasi merupakan teknik yang banyak diterapkan. Transesterifikasi dapat menurunkan viskositas minyak [15]. Transesterifikasi merupakan reaksi berantai dimana trigliserida diubah menjadi digliserida dan kemudian digliserida diubah menjadi monogliserida. Selanjutnya, monogliserida diubah menjadi ester (biodiesel) dan gliserol (sebagai produk sampingan). Pada Gambar 2 diperlihatkan secara skematika reaksi kimia transesterifikasi.



Gambar 2 Transesterifikasi

Untuk transesterifikasi, digunakan methanol dengan perbandingan massa terhadap lipid sebanyak 6:1. Ke dalam campuran tersebut ditambahkan katalis kalium hidroksida sebanyak 1% dari berat lipid. Campuran tersebut kemudian diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* yang dioperasikan pada putaran 300 rpm dan suhu 60°C selama 90 menit. Dari proses pengadukan ini, diperoleh larutan dua fasa, dimana fasa di atas adalah metil ester dengan warna jernih dan di bawahnya adalah gliserol dengan warna yang lebih gelap. Setelah pengadukan, larutan didiamkan selama 24 jam untuk memastikan bahwa metil ester dan gliserol telah terpisah dengan baik. Kemudian, metil ester dipisahkan dengan menggunakan kertas

saring. Pada Gambar 3 diperlihatkan metil ester yang diperoleh dari transesterifikasi tersebut. Dari proses transesterifikasi tersebut, diperoleh metil ester sebanyak 67,7% dan selebihnya adalah gliserol.



Gambar 3 Metil ester

Komposisi Kimiawi dan Sifat Fisik Biodiesel

Komposisi kimiawi biodiesel hasil transesterifikasi lipid dari mikroalga *Chlorella Vulgaris* ditentukan dengan menggunakan GC-MS.

Sifat fisik biodiesel dari mikroalga *Chlorella Vulgaris* diprediksi dengan menggunakan persamaan-persamaan empirik yang ada dalam literatur [16]. Densitas, bilangan setana, dan nilai kalor biodiesel ditentukan dengan menggunakan persamaan yang diusulkan oleh Ramirez-Verduzco, et al. [17]. Sedangkan, viskositas dan titik nyala diprediksi dengan menggunakan persamaan yang diusulkan oleh Su, et al. [18]. Titik kabut dihitung dengan persamaan dari Sarin [19] sebagaimana yang disitir oleh Saxena, et al. [16]. Persamaan-persamaan empirik untuk menentukan sifat fisik biodiesel tersebut dihitung berdasarkan pada komposisi metil ester.

Hasil dan Pembahasan

Pada Tabel 2 diperlihatkan komposisi dari metil ester yang diperoleh dari transesterifikasi lipid mikroalga *Chlorella Vulgaris*. Metil ester yang diperoleh berupa asam lemak jenuh dan asam lemak takjenuh. Hasil ini selaras dengan hasil-hasil yang dilaporkan dalam literatur, yaitu komposisi biodiesel umumnya tersusun oleh C16 dan C18. Persentase relatif dari asam lemak jenuh hampir sama dengan persentase relatif asam lemak tak jenuh. Kandungan asam lemak takjenuh berpengaruh terhadap peningkatan emisi NO_x dan penurunan efisiensi termal mesin diesel [20]. Komponen terbanyak berupa asam palmitat, yaitu

sebesar 24,16%. Kemudian, yang kedua adalah asam oktadekatrinoat, yaitu sebanyak 12,22%.

Tabel 2 Komposisi metil ester

| Senyawa metil | % (massa) |
|---------------|-----------|
| C16:0 | 24,16 |
| C16:3 | 6,03 |
| C18:0 | 9,86 |
| C16:1 | 5,08 |
| C18:2 | 7,75 |
| C18:3 | 12,22 |

Tabel 3 Sifat fisik biodiesel dari mikroalga

| | Biodiesel | Biodiesel [21] |
|-------------------------------|-----------|----------------|
| Densitas, g/ml | 0,878 | 0,881 |
| Viskositas, mm/s ² | 3,29 | 4,5 |
| Titik nyala, °C | 131 | - |
| Titik kabut, °C | 7,7 | - |
| Bilangan setana | 47 | 54,7 |
| Nilai Kalor, MJ/kg | 39,46 | 38,4 |

Biodiesel sebagai bahan bakar mesin Diesel perlu memiliki sifat-sifat fisik tertentu agar kinerja mesin dapat dipertahankan pada tingkat yang optimal. Pada Tabel 3 diperlihatkan prediksi sifat fisik biodiesel dari mikroalga *Chlorella Vulgaris*. Kecuali bilangan setana, sifat-sifat fisik tersebut memenuhi berbagai standar biodiesel, misalnya standar nasional SNI, ASTM, dan Standar Eropa EN 14214. Bilangan setana hasil prediksi lebih rendah daripada yang ditetapkan dalam standar SNI dan standar Eropa, tetapi memenuhi standar ASTM. Sebagai pembanding, dalam tabel tersebut juga diperlihatkan sifat fisik biodiesel dari mikroalga *Chlorella Vulgaris* yang terdapat dalam literatur [21]. Dari tabel tersebut, terlihat bahwa sifat-sifat fisiknya tidak jauh berbeda, kecuali pada bilangan setana.

Kesimpulan

Mikroalga memiliki potensi untuk dijadikan sumber energi biodiesel. Pada penelitian ini, telah dilakukan pengolahan mikroalga *Chlorella Vulgaris* untuk menghasilkan biodiesel dalam skala laboratorium. Sifat-sifat fisik biodiesel diprediksi dengan menggunakan persamaan empirik yang ada dalam literatur berdasarkan pada komposisi metil ester. Berdasarkan prediksi tersebut, secara umum biodiesel yang dihasilkan dari mikroalga *Chlorella Vulgaris* memiliki sifat-sifat fisik yang sesuai dengan standar-standar untuk biodiesel.

Referensi

- [1] Ullah, K. et al., 2014. Algal biomass as a global source of transport fuels: Overview and development perspectives, *Progress in Natural Science: Materials International* 24, 329–339.
- [2] Brennan, L. and Owende, P., 2010. Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 557–577.
- [3] Benemann, J. R., 2008. Opportunities & Challenges in Algae Biofuels Production— A position paper, *Algae World 2008*, Singapore, 17 – 18 November, http://www.fao.org/uploads/media/algae_positionpaper.pdf diakses 01-05-2013.
- [4] Huang, G.H. et al., 2010. Biodiesel production by microalgal biotechnology, *Applied Energy* 87, 38–46.
- [5] Chisti, Y., 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances* 25, 294–306.
- [6] Darzins, A. Et al., 2011. Algae as a feedstock for biofuels – An assessment of the current status and potential for algal biofuels production, *IEA Bioenergy Task 39*, July.
- [7] Christi, Y., 2007. Biodiesel from microalgae beats bioethanol, *Trends in Biotechnology* 26, 126 – 131.
- [8] Ghayal, M.S. and Pandya, M.T., 2013. Microalgae biomass: A renewable source of energy, *Energy Procedia* 32, 242 – 250.
- [9] Pienkos, P.T., 2007. The potential for biofuels from algae, *Alga Biomass Summit*, San Fransisco, CA, November 15.
- [10] Mata, T.M. et al., 2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 217–232.
- [11] Chaudhary, R. et al., 2014. Microalgae as feedstock for biofuel: Biomass yield, lipid content and fatty acid composition as selection criteria, *International Journal of Power and Renewable Energy Systems* 1, 62-71.
- [12] Sharma, Y.C. and Singh, V., 2017. Microalgal biodiesel: A possible solution for India's energy security, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67, 72–88.

- [13] Bligh, E.G. and Dyer, W.J., 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37, 911–917.
- [14] D'Oca, M.G.M. et al., 2011. Production of FAMES from several microalgal lipidic extracts and direct transesterification of the *Chlorella pyrenoidosa*, *Biomass and Bioenergy* 35, 1533-1538.
- [15] Demirbas, A., 2009. Progress and recent trends in biodiesel fuels, *Energy Conversion and Management* 50, 14–34.
- [16] Saxena, P., et al., 2013. A review on prediction of properties of biodiesel and blends of biodiesel, *Procedia Engineering* 51, 395 – 402.
- [17] Ramirez-Verduzco L.F., et al., 2012. Predicting cetane number, kinematic viscosity, density and higher heating value of biodiesel from its fatty acid methyl ester composition. *Fuel* 91, 102–111.
- [18] Su, Y.-C., et al., 2011. Selection of prediction methods for thermophysical properties for process modeling and product design of biodiesel manufacturing. *Ind. Eng. Chem. Res.* 50, 6809–6836.
- [19] Sarin, A. et al., 2009. Effect of blends of palm-jatropha-pongamia biodiesels on cloud point and pour point, *Energy* 34, 2016–2021.
- [20] Gopinath, A., et al., 2010. Effect of unsaturated fatty acid esters of biodiesel fuels on combustion, performance and emission characteristics of a DI diesel engine, *Intl. J. of Energy and Environment (IJEE)* 1, 411–430.
- [21] Mallick, N. et al., 2012. Green microalga *Chlorella vulgaris* as a potential feedstock for biodiesel, *J. Chem Technol Biotechnol* 87, 137–145.