

BIODIESEL OF THE TRANSESTERIFICATION PRODUCT OF *Calophyllum inophyllum* SEED OIL FROM KENDARI USING ETHANOL SOLUTION

**Biodiesel Hasil Transesterifikasi
Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Dengan Etanol**

Rezki, Rustam Musta^{*}, Aceng Haetami

*Department of Chemistry Education Faculty of Teacher Training and Education University of Halu Oleo
Kampus Bumi Tridarma; Anduonohu Kendari-South East Sulawesi*

**Corresponding author, email: liachemuho@yahoo.com*

Received: Dec. 2016 Published: Jan. 2017

ABSTRACT

A study has been conducted on the transesterification of *Calophyllum inophyllum* seed oil with ethanol. The purpose of this research is to determine the comparison of concentration of phosphoric acid used to remove the gum on the oil, ester content is produced in the process of transesterification with ethanol, the ester yield obtained after the final stage of the transesterification process, the viscosity of the biodiesel produced, moisture content of biodiesel is produced, and density of biodiesel was produced. This research is taken based on consideration production biodiesel by direct transesterification process. Based on research result of good phosphoric acid concentration used to remove oil gum is 85%, volume of biodiesel produced at transesterification equal to 150 mL with yield 80,89%, biodiesel quality parameter measured that viscosity = 0,05 mm² / s not fulfill Indonesian National Standart (INS), moisture content = 0.045 meets the INS and the density = 0.881 g / cm³ meets the INS.

Keywords: *Biodiesel, degumming, ethanol, yield, gum.*

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan bahan bakar semakin meningkat seiring semakin meningkatnya populasi dan semakin berkembangnya teknologi. Suatu kenyataan yang tidak dapat dipungkiri bahwa produksi minyak bumi Indonesia mengalami penurunan akibat adanya penurunan secara alamiah dan semakin menipisnya cadangan bahan bakar minyak bumi (fosil) karena sifatnya yang tidak dapat diperbaharui. Permasalahan yang terjadi saat ini yaitu produksi bahan bakar minyak bumi tidak dapat mengimbangi besarnya konsumsi bahan bakar minyak, sehingga Indonesia melakukan impor minyak untuk memenuhi kebutuhan energi bahan bakar minyak setiap harinya. Hal ini dikarenakan tidak adanya perkembangan produksi pada kilang minyak dan tidak ditemukannya sumur minyak baru. Sebagai solusi dari permasalahan diatas yakni diperlukannya diversifikasi energi selain minyak bumi.

Qiqman, (2014) menyatakan bahwa untuk mengatasi krisis energi tersebut, pemerintah

telah menerbitkan Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan bahan bakar alternatif sebagai bahan bakar pengganti minyak. Kebijakan tersebut telah menetapkan sumber daya yang dapat diperbaharui (*renewable*) seperti bahan bakar nabati sebagai alternatif. Bahan bakar berbasis nabati seperti *biodiesel* diharapkan dapat mengurangi ketergantungan konsumen terhadap bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable*).

Biodiesel merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida (Hikmah dan Zuliana, 2010). Menurut Damayanti (2011), menyatakan bahwa transesterifikasi adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkil ester, melalui reaksi dengan alkohol dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol.

Menurut Martono dan Sulistyawati (2011), menyatakan bahwa kendala utama dalam pembuatan biodiesel yaitu dari segi bahan baku. Seperti penggunaan bahan baku minyak sawit atau minyak bunga matahari yang harganya fluktuatif (naik turun) karena juga digunakan sebagai bahan pangan sehingga tidak ekonomis. Oleh karena itu pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan baku pembuatan biodiesel sebaiknya menggunakan minyak nabati non pangan. Salah satu minyak nabati non pangan yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel adalah minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum*).

Tanaman nyamplung merupakan salah satu bahan baku alternatif bahan bakar nabati (BBN) yang mempunyai potensi sangat besar di Indonesia. Di Sulawesi Tenggara khususnya daerah Buton, Muna dan Kendari tanaman nyamplung dikenal dengan nama dongkala. Biji nyamplung dapat diolah menjadi minyak serta berbagai macam produk turunan dengan prospek pemasaran yang menjanjikan. Menurut Prihanto dkk., (2013) dalam Soerawidjaja, (2006) Kandungan minyak dari biji nyamplung tergolong tinggi yaitu sebesar 40-73 %, sedangkan jarak pagar 40-60 % dan biji karet 40-50 %. Kelebihan tanaman nyamplung sebagai bahan baku BBN adalah kandungan minyak bijinya yang sangat tinggi dan dalam pemanfaatannya tidak berkompetisi dengan kepentingan pangan.

Secara teknis minyak nyamplung murni dapat digunakan sebagai BBN pengganti solar, namun demikian kekentalan dan kadar asam lemak bebas yang tinggi serta adanya senyawa pengotor masih menjadi kendala. Minyak mentah biji nyamplung banyak mengandung *gum*, fosfolipid, dan zat ikutan lain yang menyebabkan proses pembuatan biodiesel kurang maksimal (Anif, 2011). Untuk itu dalam proses pembuatan biodiesel perlu dilakukan pemurnian minyak nyamplung terlebih dahulu. Proses pemurnian minyak tersebut sering disebut proses *degumming*. Proses pemurnian ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang terdapat dalam minyak nyamplung tersebut. Biodiesel yang dihasilkan diharapkan dapat memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk biodiesel. Adapun syarat mutu biodiesel tersebut diantaranya massa jenis, Viskositas kinematik dan kadar air.

Berdasarkan latar belakang diatas, telah dikaji tentang biodiesel hasil transesterifikasi minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dengan etanol.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini berupa alat-alat gelas, labu leher dua, kondensor, corong pisah dan thermometer. Selain itu digunakan juga alat-alat seperti ayakan 100 mesh, lumpang dan alu, eksikator, botol timbang, filler, botol semprot, oven, statif, klem, neraca analitik, *hot plate*, *magnetic stirrer*, tanur, cawan porselin, sentrifuga, serta alat pres.

Bahan-bahan yang akan digunakan adalah buah nyamplung, etanol, asam fosfat (H_3PO_4), NaOH, dan aquades.

Prosedur Kerja

1. Pembuatan Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*)

a. Proses pengeringan biji buah nyamplung

Dilakukan pemisahan antara karnel dan tempurung buah, kemudian karnel diiris atau dipotong-potong menjadi ukuran yang lebih kecil. Setelah itu dijemur atau dikeringkan.

b. Proses Pengepresan

Biji buah nyamplung yang telah dikeringkan diblender dengan menggunakan blender kering. Setelah itu, dilakukan pengepresan dengan alat pres, kemudian minyak yang dihasilkan disaring dengan ayakan 100 mesh.

2. Degumming

Sebanyak 200 mL minyak biji nyamplung dimasukkan kedalam gelas beaker 250 mL, kemudian ditambahkan larutan H_3PO_4 0,2% (v/v) menggunakan pipet tetes. Dipanaskan dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 80°C selama 20 menit, kemudian larutan didinginkan dan didiamkan selama 1 hari. Setelah itu, disaring dan minyak hasil penyaringan ditambahkan NaOH 0,8% (v/v), kemudian dipanaskan dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 80°C selama 20 menit, kemudian didinginkan dan didiamkan selama 1 hari dan disaring.

3. Transesterifikasi Minyak Biji Nyamplung

Proses transesterifikasi dilakukan dengan menimbang 25 mL minyak netral yang akan ditransesterifikasi kemudian dimasukkan ke dalam labu leher dua 500 mL dan ditambahkan campuran NaOH 1% dari berat minyak yang dilarutkan dalam 150 mL alkohol. Campuran tersebut dipanaskan sampai suhu 60°C sambil terus dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah mencapai suhu 60°C, campuran tersebut dijaga suhunya agar tetap konstan selama 60 menit. Kemudian sampel didinginkan, lalu dimasukkan ke dalam corong pisah dan terbentuk dua lapisan, yaitu lapisan atas etil ester asam lemak dan lapisan bawah gliserol. Etil Ester atau biodiesel yang dihasilkan kemudian diuji massa jenis, viskositas dan kadar air sebagai persyaratan parameter kualitas biodiesel SNI 7182:2015.

4. Uji Kualitas Biodiesel

a. Uji Massa jenis

Uji massa jenis biodiesel diawali dengan membilas piknometer dengan etanol dan dikeringkan, setelah itu ditimbang piknometer kosong (m_0) kemudian diisi dengan aquades lalu ditimbang kembali piknometer yang berisi aquades tersebut (m_1). Piknometer dikosongkan dan dibilas kembali dengan etanol selanjutnya dikeringkan dan diisi dengan biodiesel yang akan ditimbang massa jenisnya. Dihitung massa jenis biodiesel yang diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\rho_{biodiesel} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times \rho_{air}$$

Dimana: m_0 = massa piknometer kosong
 m_1 = massa piknometer + aquades
 m_2 = massa piknometer + biodiesel

b. Uji Viskositas

Viskositas biodiesel diukur dengan metode Ostwald menggunakan alat viskometer, dimana sejumlah biodiesel dimasukkan kedalam alat tersebut, kemudian dengan cara diisap menggunakan filler cairan dibawa sampai melewati garis tanda batas pada alat tersebut. Selanjutnya biodiesel dibiarkan mengalir secara bebas. Dicatat waktu yang diperlukan oleh biodiesel untuk mengalir dari garis star sampai garis finis. Dilakukan triplo dan dihitung waktu

rata-rata. Dilakukan prosedur yang sama untuk aquades sebagai pembanding.

Selanjutnya dihitung viskositas biodiesel dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta_{biodiesel} = \frac{\rho_{biodiesel} \times t_{biodiesel}}{\rho_{aquades} \times t_{aquades}} \times \eta_{aquades}$$

Dimana :

$\eta_{biodiesel}$ = Viskositas biodiesel (mm²/s)

$\eta_{aquades}$ = Viskositas aquades (mm²/s)

$t_{biodiesel}$ = Waktu rata-rata biodiesel (s)

$\rho_{biodiesel}$ = Massa jenis biodiesel (g/cm³)

$\rho_{aquades}$ = Massa jenis aquades (g/cm³)

c. Uji Kadar Air

Cawan porselin yang dipanaskan dalam oven dengan suhu 105°C selama 30 menit, kemudian didinginkan dalam eksikator, lalu ditimbang hingga diperoleh berat konstan cawan kosong kering. Kemudian sebanyak 2 gram biodiesel dimasukkan dalam cawan tersebut dan dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 4 jam. Setelah itu, sampel didinginkan dalam eksikator selama 15 menit dan ditimbang kembali. Pengerinan dilakukan sampai diperoleh bobot konstan. Pengurangan berat merupakan banyaknya air dalam biodiesel.

Selanjutnya dihitung kadar air biodiesel dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\% \text{ kadar Air} = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100\%$$

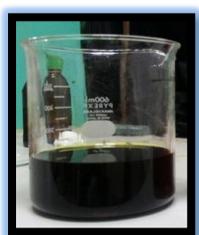
Dimana: m_1 = massa biodiesel + massa cawan sebelum dikeringkan
 m_2 = massa biodiesel + massa cawan setelah dikeringkan
 m_0 = massa biodiesel

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Persiapan Bahan

Buah nyamplung (*calophyllum inophyllum*) terlebih dahulu dipisahkan antara cangkang dan inti (kernel) buah kemudian dikeringkan dan selanjutnya dilakukan proses pengepresan. Tujuan pengeringan ini yakni untuk mengurangi kandungan air dalam biji. Berat biji nyamplung sebelum dikeringkan yakni 100 kg dan setelah

dilakukan proses pengeringan diperoleh berat biji senilai 18,78 kg. Hal ini menandakan bahwa terjadi penyusutan antara berat biji nyamplung basa dan berat biji nyamplung kering. Hasil ini tidak jauh berbeda dari penelitian yang dilakukan oleh Sahirman (2009), yang menyatakan bahwa dari 100 kg biji nyamplung basah diperoleh 18 kg biji nyamplung kering. Proses pengepresan dilakukan dengan alat pres hidrolik berkekuatan 20 ton. Dari proses pengepresan diperoleh minyak nyamplung sebanyak 7,98 kg dengan rendemen senilai 42,06% dari berat kering biji nyamplung. Rendemen yang diperoleh sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sahirman (2009), yang menyatakan bahwa kadar minyak biji nyamplung berkisar antara 40% - 73%. Minyak nyamplung mula-mula dapat dilihat pada Gambar 1.

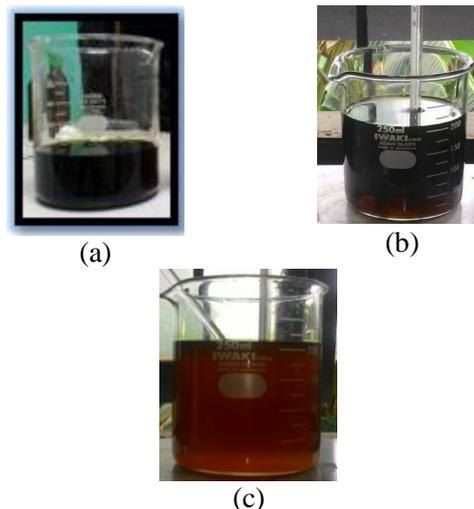


Gambar 1. minyak nyamplung asli

B. Degumming

Langkah selanjutnya setelah diperoleh minyak nyamplung asli yakni proses *degumming*. *Degumming* merupakan salah satu tahapan dalam proses pemurnian minyak. *Degumming* dilakukan untuk memisahkan getah atau lendir yang terdiri dari fosfatida, protein, residu, air dan resin. Zat yang digunakan untuk menarik *gum* (getah) yang disebut *degumming agent* yakni asam fosfat (Hasibuan dkk., 2013).

Degumming dilakukan pada suhu 80°C selama 20 menit dengan penambahan asam fosfat (H_3PO_4) sebanyak 0,2% dari volume minyak. Volume minyak yang digunakan pada proses *degumming* yakni 200 mL. Perlakuan ini dilakukan dengan konsentrasi asam fosfat yang berbeda yakni asam fosfat 20% dan asam fosfat 85% dengan tujuan untuk melihat kondisi yang optimum digunakan pada proses *degumming*. Perbedaan minyak hasil penambahan asam fosfat 0,2% dari volume minyak pada konsentrasi 20% dan 85% dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) minyak nyamplung asli (b) minyak nyamplung dengan konsentrasi asam fosfat 20% (c) minyak nyamplung dengan konsentrasi asam fosfat 85%.

Gambar 2 menunjukkan perbedaan secara fisik dari hasil *degumming* menggunakan konsentrasi asam sulfat yang berbeda. Minyak hasil *degumming* dengan asam fosfat konsentrasi 85% lebih cerah dari minyak hasil *degumming* yang menggunakan asam fosfat konsentrasi 20%. Hal ini menandakan bahwa konsentrasi asam fosfat yang optimum digunakan untuk mengendapkan *gum* yang terdapat dalam minyak asal adalah penggunaan asam fosfat konsentrasi 85%. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Diana, dkk (2013), yang menyatakan bahwa asam fosfat yang baik pada proses *degumming* minyak nyamplung yakni asam fosfat 85%. Prihanto, dkk (2015) juga menggunakan konsentrasi asam fosfat 85% pada proses *degumming* minyak nyamplung aslinya.

Tahapan selanjutnya setelah diperoleh kondisi yang optimum pada proses penambahan asam fosfat yakni penambahan natrium hidroksida (NaOH) sebanyak 0,8% dari volume minyak sambil diaduk menggunakan *magnetik stirrer*. Selanjutnya didiamkan 1 kali 24 jam kemudian disaring dan dicuci dengan air hangat (suhu 60°C) hingga pH buangan netral. Proses penambahan asam fosfat tersebut diharapkan dapat mengendapkan *gum* pada minyak nyamplung mula-mula. Sedangkan penambahan NaOH itu sendiri bertujuan untuk mengendapkan sisa-sisa *gum* yang tidak dapat diikat asam fosfat.

Adapun proses pengadukan bertujuan untuk meningkatkan kontak antara minyak, etanol, dan katalis sehingga meningkatkan kecepatan reaksi pembentukan etil ester. Minyak hasil poses *degumming* setelah proses penetralan dikeringkan dengan pemanasan pada suhu 100 °C selama 15 menit dengan tujuan untuk menguapkan sisa-sisa aquades pada proses pencucian. Proses *degumming* akan memperlihatkan perbedaan warna yang jelas dari minyak aslinya, yaitu berwarna jernih kemerahmerahan. Adapun minyak nyamplung hasil *degumming* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. minyak hasil *degumming*

C. Transesterifikasi

Tahap selanjutnya setelah *degumming* yakni transesterifikasi minyak nyamplung dengan etanol. Hikmah (2010), menyatakan bahwa transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol menghasilkan alkil ester asam lemak atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Damayanti (2011), juga menyatakan bahwa transesterifikasi (biasa disebut alkoholisis) adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkil ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol.

Transesterifikasi minyak nyamplung ini dilakukan pada suhu 60°C dengan perbandingan minyak-etanol yakni 1:6 dengan penambahan NaOH 1% dari berat minyak sebagai katalis selama 60 menit. Kondisi ini merupakan kondisi optimum pada proses transesterifikasi, dimana minyak ditransesterifikasi pada suhu 60°C dengan rasio molar etanol-minyak 6:1, dan menggunakan katalis NaOH 1%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sudrajat (2010), yang menyatakan bahwa kondisi optimum proses transesterifikasi diperoleh pada suhu 60°C, rasio molar metanol-minyak 6:1,

katalis NaOH 1%. Faizal dalam Freedman (2013) dalam jurnalnya menyatakan bahwa perbandingan molar antara alkohol dan minyak nabati yang biasa digunakan dalam proses industri untuk mendapatkan produksi etil ester yang lebih besar dari 98% berat adalah 6:1. Berdasarkan beberapa jurnal tersebut sehingga peneliti melakukan transesterifikasi dengan rasio molar metanol-minyak 1:6. Hasil reaksi transesterifikasi berupa cairan berwarna kuning yang mengandung etil ester dan gliserol. Hasilnya terbentuk 2 lapisan, yaitu lapisan atas berwarna kuning yang merupakan etil ester dan lapisan bawah berwarna putih yang merupakan gliserol. Terbentuknya lapisan terjadi karena perbedaan kepolaran antara etil ester yang bersifat nonpolar dengan gliserol yang bersifat polar. Berdasarkan perlakuan diperoleh volume biodiesel sebanyak 150 mL dengan volume gliserol 7,5 mL dengan rendemen 80,98%

Berdasarkan reaksi transesterifikasi (gambar 2.2) dari 1 mol trigliserida dan 3 mol alkohol akan diperoleh produk 3 mol ester dan 1 mol gliserol. Kondisi diatas menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan maka konversi ester yang dihasilkan akan bertambah banyak. Selain itu penggunaan jumlah katalis yang terlalu sedikit dapat meningkatkan hasil ester yang diperoleh. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Faizal (2013) yang menyatakan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan maka konversi ester yang dihasilkan akan bertambah banyak.

D. Uji Kualitas Biodiesel

a. Massa jenis

Menurut Prihanto, dkk. (2013), menyatakan bahwa masa jenis merupakan salah satu parameter keberhasilan reaksi transesterifikasi. Masa jenis menunjukkan perbandingan berat per satuan volume. Masa jenis berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel pada setiap satuan volume bahan bakar. Masa jenis biodiesel hasil transesterifikasi ini diamati dengan tujuan untuk mendapatkan informasi tentang masa jenis biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini dan untuk selanjutnya dibandingkan dengan masa jenis biodiesel menurut Standar Nasional Indonesia demi mendapatkan spesifikasi biodiesel yang sesuai dengan SNI. Uji masa jenis biodiesel hasil penelitian ini dilakukan menggunakan

piknometer dan diperoleh massa jenis sebesar 881 Kg/m^3 sehingga biodiesel dari minyak biji nyamplung ini sudah memenuhi massa jenis biodiesel menurut standar nasional Indonesia (SNI) tahun 2015 yakni antara $850 - 890 \text{ kg/m}^3$.

b. Viskositas Kinematik

Viskositas atau kekentalan adalah ukuran ketahanan dari suatu fluida untuk mengalir. Viskositas merupakan suatu angka yang menyatakan besarnya hambatan dari suatu bahan cair untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan geser dari cairan. Makin tinggi viskositasnya, makin kental dan semakin sukar mengalir (Umami, 2015). Viskositas diamati dengan tujuan untuk mendapatkan informasi tentang viskositas biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini untuk selanjutnya dibandingkan dengan viskositas biodiesel menurut Standar Nasional Indonesia demi mendapatkan spesifikasi biodiesel yang sesuai dengan SNI. Setelah dilakukan beberapa perlakuan dan perhitungan diperoleh nilai viskositas biodiesel dari minyak nyamplung sebesar $0,05 \text{ mm}^2/\text{s}$. Hasil ini lebih kecil dari standar viskositas biodiesel menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) yakni $2,3 - 6,0 \text{ mm}^2/\text{s}$. Menurut faizal (2013) menyatakan bahwa penurunan nilai dari densitas menyebabkan nilai viskositas akan semakin kecil.

c. Kadar air

Kadar air dalam minyak merupakan salah satu tolok ukur mutu minyak. Makin kecil kadar air dalam minyak maka mutunya makin baik. Hal ini dapat memperkecil kemungkinan terjadinya reaksi hidrolisis yang dapat menyebabkan kenaikan kadar asam lemak bebas. Kandungan air dalam bahan bakar juga dapat menyebabkan turunnya panas pembakaran, berbusa dan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur karena akan membentuk asam.

Kadar air diamati dengan tujuan untuk mendapatkan informasi tentang kadar air biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini untuk selanjutnya dibandingkan dengan kadar air biodiesel menurut Standar Nasional Indonesia demi mendapatkan spesifikasi biodiesel yang sesuai dengan SNI. Proses pengukuran kadar air dari biodiesel yang dihasilkan dilakukan dengan menguapkan 2 gram biodiesel dalam oven selama 4 jam pada suhu $105 \text{ }^\circ\text{C}$ kemudian

dinginkan selama 15 menit lalu ditimbang berat cawan yang berisi biodiesel. Setelah diperhitungkan diperoleh kadar air biodiesel sebesar 0,45% sehingga biodiesel dari minyak biji nyamplung ini sudah memenuhi kadar air biodiesel menurut standar nasional Indonesia (SNI) tahun 2015 yakni 0,05%. Dengan demikian biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki karakteristik kadar air yang baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Rendemen ester yang dihasilkan pada tahap akhir transesterifikasi yakni 80,98%
2. Massa jenis yang diperoleh dari hasil pengukuran yaitu $0,881 \text{ g/cm}^3$
3. Viskositas yang diperoleh dari pengukuran yaitu $0,05 \text{ mm}^2/\text{s}$
4. Kadar air biodiesel yang diperoleh dari pengukuran yaitu 0,045

DAFTAR PUSTAKA

- Anif, M. U, 2011, Kajian Kualitas dan Hasil Pengolahan Biodiesel Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Pada Variasi Metode Ekstraksi, Metode *Degumming* dan Konsentrasi Metanol. *Tesis Magister* Pada Program Studi Agronomi Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto. Tidak diterbitkan.
- Diana, F., Silva, A., Iranildo, C. A., Isabella, C. G. C., 2014, Study Of *Degumming* Process And Evaluation Of Oxidative Stability Of Methyl And Ethyl Biodiesel Of *Jatropha Curcas L.* Oil From Three Different Brazilian States, *Renewable Energy*, 71, 495-501.
- Hasibuan, S., Sahirman, Yudawati, N. M. A., 2013, Karakteristik Fisikokimia dan Antibakteri Hasil Purifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*), *Jurnal Agritech*. 33, 311-319.
- Hikmah, M. N., Zuliyana, 2010, Pembuatan Etil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi, *Skripsi*: Universitas Diponegoro. Semarang
- Prihanto, A., Bambang, P., dan Herry, S, 2013, Peningkatan Yield Biodiesel dari Minyak Biji

- Nyamplung Melalui Transesterifikasi Dua Tahap, *Momentum*, 9, 46-53.
- Prihanto, A., dan Lucia, H. R., 2015, Pembuatan Biodisel dari Minyak Biji Nyamplung Melalui Esterifikasi, Netralisasi Dan Transesterifikasi, *Momentum*, 11,1-6.
- Sahirman, 2009, Perancangan Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum L.*), *Disertasi: Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor*. Bogor.
- Standar Nasional Indonesia (SNI)., 2015, *Biodiesel SNI 7182:2015*. Jakarta: Badan Standar Nasional.