

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

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

Rustam Musta^{*}, Aceng Haetami, Mimi Salmawati

*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:-*

Received: Dec. 2016 Published: Jan. 2017

ABSTRACT

Study of the transesterification of *Calophyllum inophyllum* seed oil from Kendari with methanol has been conducted. The purpose of the research to determine of the yield of ester produced in transesterification process with methanol, the viscosity of biodiesel produced, moisture content of biodiesel produced, density of biodiesel produced. The methods used in this study are sample preparation, transesterification process, biodiesel quality parameter test consisting of viscosity, moisture content and density. The results showed that good concentration of phosphoric acid was used to remove the gum is 85%, the yield of ester produced in the process of transesterification with methanol is 111,647%, parameter of biodiesel quality measured that viscosity = 0,315 mm²/ s not fulfill Indonesian National Standart (INS), water content is 0.02 meets the INS and the density = 0.8725 g / cm³ meets the INS standard.

Keywords: *Biodiesel, Calophyllum inophyllum, transesterification, methanol.*

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara berkembang memerlukan pasokan energi yang besar untuk keperluan industri dan transportasi dalam negeri, akan tetapi produksi energi dalam negeri utamanya minyak bumi tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan dan konsumsi energi nasional. Penyebab dari masalah tersebut karena minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, sehingga untuk mendapatkannya kembali memerlukan waktu yang lama hingga ratusan juta tahun lamanya. Peran minyak bumi dalam penyediaan energi nasional pun masih dominan. Sekitar 53% kebutuhan energi nasional dipenuhi dari minyak bumi. Jumlah tersebut tidak cukup dipenuhi dari produksi dalam negeri sehingga untuk memenuhinya negara harus mengimpor dari luar negeri.

Mengantisipasi semakin berkurangnya cadangan dari minyak bumi, pemerintah Indonesia saat ini telah memulai memproduksi biodiesel sebagai bahan substitusi BBM. Disebutkan dalam Blueprint Pengelolaan Energi Nasional (BPPEN) 2005-2025, bahwa

pemerintah telah menetapkan pemakaian biodiesel sebanyak 2% konsumsi solar pada tahun 2010, 3% pada tahun 2015 dan 5% pada tahun 2025. Selain itu, pemerintah juga menetapkan kebutuhan biodiesel mencapai 720.000 kiloliter pada tahun 2010 dan akan ditingkatkan menjadi 1,5 juta kiloliter pada tahun 2015 dan 4,7 juta kiloliter pada tahun 2025 (Muhammad dkk., 2014).

Biodiesel secara umum didefinisikan sebagai ester monoalkil dari minyak tanaman dan lemak hewan. Minyak yang berasal dari tumbuhan dan lemak hewan serta turunannya mempunyai kemungkinan sebagai pengganti bahan bakar diesel. Biodiesel merupakan sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. Sifatnya bervariasi tergantung pada bahan baku minyak dan alkohol yang digunakan tetapi selalu dapat digunakan sebagai pengganti langsung untuk bahan bakar diesel. Biodiesel dapat diproduksi dari minyak tumbuhan dan lemak hewan (Wendi dkk., 2015).

Menurut data Departemen Kehutanan dalam penelitian yang dilakukan oleh Qiqmana dan sutjahjo (2014), salah satu bahan bakar nabati

yang berasal dari tanaman dan penelitiannya sudah mulai berkembang serta populasinya tersebar hampir di seluruh pantai berpasir di Indonesia adalah tanaman nyamplung (*Calophyllum inophyllum*).

Tanaman nyamplung atau yang biasa dikenal dengan tanaman dongkala di Sulawesi Tenggara adalah pohon yang termasuk kedalam famili *Clusiaceae*. Tanaman ini tumbuh di area dengan curah hujan 1000-5000 mm per tahun pada ketinggian 0-200 m di atas permukaan laut. Tanaman nyamplung sangat potensial bila digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dikarenakan kadar minyak yang tinggi pada biji (40-73 % (w/w)), minyak yang dapat dihasilkan sebesar 4.680 kg/ha serta merupakan *non-edible oil* sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan pangan. Minyak nyamplung adalah minyak hasil ekstraksi dari biji nyamplung menggunakan mesin pres, yang mana bisa dilakukan dengan dua macam mesin pres yaitu mesin pres hidrolik manual dan mesin pres ekstruder (sistem ulir). Minyak yang keluar dari mesin pres berwarna hitam/gelap karena mengandung kotoran dari kulit dan senyawa kimia seperti alkaloid, fosfatida, karotenoid, klorofil, dan lain lain. Agar minyak nyamplung dapat digunakan untuk proses selanjutnya dilakukan proses *degumming*.

Degumming adalah proses penyisihan *gum*, yang mengandung fosfolipida, protein, residu, karbohidrat, air, dan resin. Beberapa cara untuk menghilangkan gum, antara lain dengan pemanasan, penambahan asam (H_3PO_4 , H_2SO_4 , dan HCl) atau basa (NaOH) (Sibirian dkk., 2014).

Schuchardt dalam Kusumaningtyas dan Bachtiar (2012) menyatakan bahwa Penggunaan minyak nabati secara langsung dapat menimbulkan masalah pada mesin. Hal ini disebabkan viskositas yang dimiliki minyak nabati yang tinggi (sekitar 11-17 kali lebih tinggi dari pada bahan bakar diesel) dan volatilitas yang rendah. Viskositas yang tinggi dari minyak nabati disebabkan adanya percabangan pada rantai karbonnya yang cenderung panjang. Viskositas ini dapat dikurangi dengan mereaksikan minyak nabati dan alkohol rantai pendek menghasilkan ester dan gliserol. Kekentalan ini dapat dikurangi dengan memutus

percabangan rantai karbon tersebut melalui proses alkoholisis rantai pendek.

Transesterifikasi (biasa disebut dengan alkoholisis) adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkil ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Di antara alkohol-alkohol monohidrik yang menjadi kandidat sumber/pemasok gugus alkil, metanol adalah yang paling umum digunakan, karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi (sehingga reaksi disebut metanolisis) (Hasahatan dkk., 2012).

Pembuatan biodiesel dari berbagai jenis minyak nabati telah dikaji oleh beberapa peneliti, seperti yang dilakukan oleh Padil dkk. (2010) dalam penelitiannya tentang pembuatan biodiesel dari minyak kelapa melalui reaksi metanolisis menggunakan katalis $CaCO_3$ yang dipijarkan, menyimpulkan bahwa Kondisi optimum dalam produksi biodiesel dari minyak kelapa melalui reaksi metanolisis dengan menggunakan katalis $CaCO_3$ dan rasio mol metanol-minyak kelapa sebesar 8:1 yang telah dipijarkan adalah konsentrasi katalis 2% (berbasis minyak kelapa) dengan *yield* 75,02%. Biodiesel yang dihasilkan pada kondisi optimum tersebut memiliki massa jenis 860 kg/m^3 (SNI $850-890 \text{ kg/m}^3$), viskositas kinematik $2,441 \text{ mm}^2/\text{s}$ (SNI 2,3-6,0 mm^2/s), titik nyala 110°C (SNI min 100°C), angka setana 65,94 (SNI min 51), angka Iod 6,35 gr Iod/100 gr (SNI max 115 gr Iod/100gr), angka asam 0,049 mg KOH/g (SNI max 0,8 mgKOH/g) dan kadar air 0,039% -v (SNI max 0,05 % -v).

Berdasarkan latar belakang tersebut, pada penelitian ini telah dilakukan produksi biodiesel melalui transesterifikasi minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dengan metanol.

METODOLOGI

Alat dan Bahan Penelitian

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

Bahan-bahan yang digunakan adalah buah nyamplung asal Kendari, metanol 95%, asam

fosfat (H_3PO_4), NaOH, kertas saring Whatman, indikator universal dan aquades

Prosedur Kerja

1. Pembuatan Minyak Biji Nyamplung (*Callophyllum 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 mesin pres, kemudian minyak yang dihasilkan disaring dengan kertas saring 400 mesh.

2. Degumming

Sebanyak 200 mL minyak biji nyamplung dimasukkan kedalam gelas Beaker 250 mL, kemudian ditambahkan larutan H_3PO_4 0,2% (b/b) menggunakan pipet tetes. Dipanaskan dan diaduk 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% (b/b), kemudian dipanaskan dan diaduk pada suhu 80 °C selama 20 menit, kemudian didinginkan dan didiamkan selama 1 hari dan disaring.

3. Transesterifikasi Minyak Biji Nyamplung

Proses Transesterifikasi dimulai dengan 25 mL minyak nyamplung netral ditimbang dan dimasukkan dalam labu leher dua. Kemudian NaOH 1% dari berat minyak dilarutkan dalam 150 mL dan dimasukkan dalam labu leher dua yang telah diisi dengan 25 tersebut. Campuran tersebut dipanaskan sampai suhu 60 °C sambil terus dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah tercapai suhu 60 °C, campuran tersebut dijaga agar suhunya konstan, lalu dijalankan waktu proses yaitu selama 60 menit. Setelah itu, campuran tersebut didinginkan, kemudian dimasukkan dalam corong pisah dan akan terbentuk dua lapisan yaitu lapisan atas metil ester serta lapisan bawah gliserol. Metil ester atau biodiesel kemudian diuji karakteristik biodiesel yang terdiri dari

viskositas, kadar air dan massa jenis, apakah memenuhi standar SNI 7182:2015.

4. Uji Karakterisasi Biodiesel

a. Viskositas

Viskositas biodiesel diukur dengan metode Ostwald menggunakan alat viscometer, 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:

$$\eta_{biodiesel} = \frac{\rho_{biodiesel} \times \bar{t}_{biodiesel}}{\rho_{aquades} \times \bar{t}_{aquades}} \times \eta_{aquades}$$

Dimana : $\eta_{biodiesel}$ = Viskositas biodiesel (mm^2/s)

$\eta_{aquades}$ = Viskositas aquades (mm^2/s)

$\bar{t}_{biodiesel}$ = Waktu rata-rata biodiesel (s)

$\rho_{biodiesel}$ = Massa jenis biodiesel (g/cm^3)

$\rho_{aquades}$ = Massa jenis aquades (g/cm^3)

b. 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 150°C selama 4 jam. Setelah itu, sampel didinginkan dalam eksikator selama 15 menit dan ditimbang kembali. Pengerinan dilakukan sampai diperoleh bobot konstan. Selanjutnya dihitung kadar air biodiesel dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\%kadarAir = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100\%$$

Dimana: m_1 = massa biodiesel + massa cawan sebelum dikeringkan (g)

m_2 = massa biodiesel + massa cawan setelah dikeringkan (g)

m_0 = massa biodiesel (g)

c. Massa jenis

Uji massa jenis biodiesel diawali dengan membilas piknometer dengan metanol 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:

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

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Persiapan Bahan

Buah nyamplung yang digunakan dalam penelitian ini dikupas dari kulitnya kemudian dijemur dibawah sinar matahari. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam buah. Berat basah buah biji nyamplung yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebanyak 100 kg dan diperoleh berat kering buah biji nyamplung sebanyak 18,78 kg. Hal ini menandakan bahwa kadar air yang terkandung dalam buah biji nyamplung telah berkurang. Setelah dikeringkan, dilakukan proses pengepresan dan diperoleh berat minyak sebanyak 7,98 kg, sehingga diperoleh rendemen sebanyak 42,06% dari bobot inti kering.

Rendemen yang diperoleh sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sibirian (2014) yang menyatakan bahwa kadar minyak biji nyamplung berkisar antara 40-73%. Perbedaan kandungan minyak pada inti kemungkinan disebabkan oleh cara budidaya, perbedaan varietas, iklim dan curah hujan (Sahirman, 2009). Selain itu, perbedaan kandungan minyak ini juga dapat disebabkan dari cara perolehan minyak, dimana pada penelitian ini menggunakan proses pengepresan. salah satu kelemahan dari proses ini yaitu banyaknya minyak yang terbuang dan tertinggal pada alat sehingga mengurangi jumlah minyak yang diperoleh.

b. Degumming

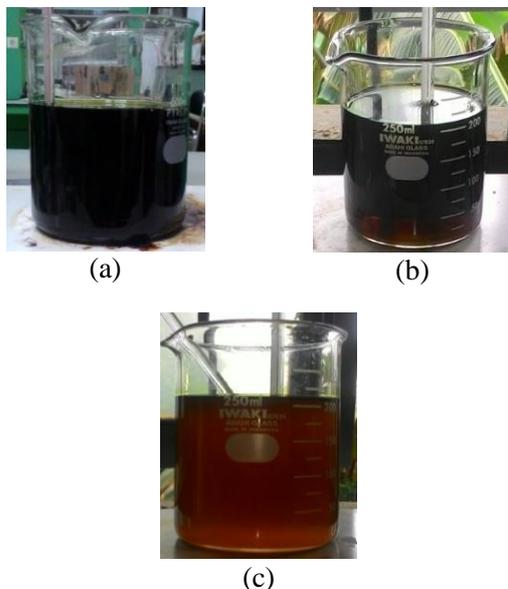
Proses awal yang dilakukan pada minyak nyamplung yaitu proses *degumming* atau penghilangan getah. *Degumming* adalah proses pemisahan *gum*, yaitu proses pemisahan getah atau lendir yang terdiri dari fosfolipid, protein, residu, karbohidrat, air dan resin. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk proses pemisahan *gum* antara lain adalah pemanasan, penambahan asam (H_3PO_4 , H_2SO_4 dan HCl) atau basa (NaOH). Proses *degumming* pada penelitian ini dilakukan pada suhu 80°C selama 20 menit menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) dan natrium hidroksida (NaOH).

Degumming dengan menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) dilakukan dalam dua perbandingan konsentrasi, untuk melihat pada konsentrasi asam fosfat (H_3PO_4) berapa terjadi perubahan warna maksimum. Asam fosfat yang digunakan dalam proses *degumming* ini yaitu asam fosfat 85% dan asam fosfat 20% masing-masing 0,2% dari volume minyak yang digunakan yaitu 200 mL. Perbedaan hasil *degumming* dengan menggunakan asam fosfat 20% dan 85% dapat dilihat pada Gambar 1. Pemilihan perbandingan konsentrasi asam fosfat ini didasarkan pada penelitian terdahulu. Dimana Santoso dkk. (2012) dalam penelitiannya melakukan *degumming* menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) 20% sebanyak 0,2% dari volume minyak. Hernando dan Susila (2013): Jazula dan Susila (2013): Puspitahati dkk. (2014), dalam penelitiannya melakukan *degumming* dengan menggunakan asam fosfat murni (85%).

Berdasarkan Gambar 1. tersebut, telah dilihat perbedaan fisis dari kedua minyak hasil *degumming*. Minyak hasil *degumming* dengan menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) 85% lebih jernih dibandingkan dengan minyak hasil *degumming* dengan menggunakan asam fosfat 20%. Menurut Hasibuan dkk. (2013), menyatakan bahwa keberhasilan proses *degumming* yang telah dilakukan pada minyak dinilai berdasarkan parameter *degumming* purifikasi, yaitu kecerahan kenampakan warna minyak.

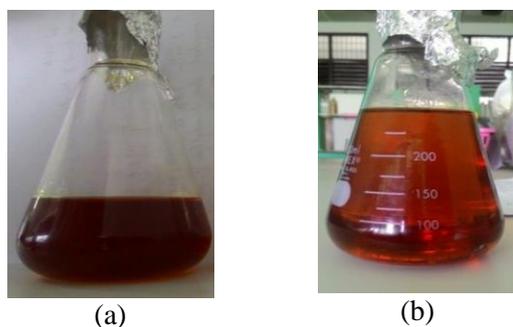
Berdasarkan hal ini, maka dalam penelitian ini dilakukan *degumming* asam fosfat (H_3PO_4) dengan konsentrasi 85%. Menurut Ristianingsih dkk. (2011) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam fosfat maka konsentrasi *gum*

sisa pada minyak akan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan asam fosfat akan bereaksi dengan *gum* dan terpisah dari minyak.



Gambar 1. (a) minyak nyamplung, (b) minyak nyamplung setelah proses *degumming* dengan asam fosfat (H_3PO_4) 20%, (c) minyak nyamplung setelah proses *degumming* asam dengan asam fosfat (H_3PO_4) 85%.

Selanjutnya dilakukan proses *degumming* dengan menggunakan natrium hidroksida (NaOH). Minyak hasil *degumming* dengan asam fosfat (H_3PO_4) 85% di *degumming* lagi dengan menggunakan natrium hidroksida (NaOH).



Gambar 2. (a) minyak hasil *degumming* dengan asam fosfat (H_3PO_4) 85%, (b) minyak hasil *degumming* dengan asam fosfat (H_3PO_4) 85% dan natrium hidroksida (NaOH)

Perbedaan hasil *degumming* dengan menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) 85% saja dan hasil *degumming* dengan menggunakan asam

fosfat (H_3PO_4) 85% dan natrium hidroksida (NaOH) dapat dilihat pada gambar 4.2. Tujuan dari *degumming* dengan menggunakan natrium hidroksida (NaOH) yaitu agar pengotor dalam minyak yang tidak larut dengan asam, dapat dilarutkan dengan basa.

Gambar 2. menunjukkan kecerahan warna minyak. Minyak hasil *degumming* dengan asam fosfat dan natrium hidroksida lebih cerah dibandingkan dengan minyak hasil *degumming* dengan menggunakan asam fosfat saja.

c. Transesterifikasi

Proses selanjutnya setelah tahap *degumming* yaitu proses transesterifikasi. trans-esterifikasi merupakan proses pemotongan rantai-rantai panjang gliserida menjadi ester rantai pendek. Alkil ester ini dihasilkan dari hasil reaksi minyak nabati dengan sejumlah alkohol melalui bantuan katalis. Hasil reaksi selain menghasilkan alkil ester juga menghasilkan produk samping yang berupa gliserol. Dimana untuk mendapatkan produk murni harus dipisahkan antara gliserol dengan metil esternya.

Proses transesterifikasi pada penelitian yang dilakukan menggunakan katalis NaOH pada suhu $60\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Kondisi ini merujuk pada kondisi optimum pada penelitian yang dilakukan oleh Kusumaningtyas dan Bahtiar (2012) yang menyatakan bahwa hasil reaksi transesterifikasi yang terbaik yaitu pada operasi reaksi dengan menggunakan katalis basa 1% dari berat minyak dan pada suhu $60\text{ }^\circ\text{C}$. Proses transesterifikasi dilakukan dengan perbandingan minyak dan alkohol 1:6.

Susilowati (2006) telah melakukan penelitian dengan melakukan proses transesterifikasi minyak biji kapuk dan memperoleh kondisi optimum perbandingan minyak dan alkohol yaitu 1:6. Selain itu, Sudrajat (2010) juga telah melakukan penelitian transesterifikasi minyak biji nyamplung dengan kondisi optimum perbandingan minyak dan alkohol yaitu 1:6. Secara umum, proses alkoholisis menggunakan alkohol berlebih sekitar 1,2-1,75 dari kebutuhan stoikiometrisnya.

Widyastuti, (2007) menyatakan bahwa dengan menggunakan katalis basa reaksi dapat berjalan pada suhu kamar, sedangkan katalis asam pada umumnya memerlukan suhu reaksi diatas $100\text{ }^\circ\text{C}$. Katalis basa seperti KOH dan

NaOH lebih efisien dibanding dengan katalis asam pada reaksi transesterifikasi. Transmetilasi terjadi kira-kira 4000x lebih cepat dengan adanya katalis basa dibanding katalis asam dengan jumlah yang sama. Untuk alasan ini dan dikarenakan katalis basa kurang korosif terhadap peralatan industri dibanding katalis asam, maka sebagian besar transesterifikasi untuk tujuan komersial dijalankan dengan katalis basa.

Volume gliserol yang diperoleh pada proses akhir transesterifikasi minyak nyamplung hasil *degumming* yaitu 8,8 mL, sehingga diperoleh mol ester (biodiesel) sebanyak 0,36 mol. Berdasarkan hal ini, diperoleh kadar ester (biodiesel) sebesar 82,618% dengan rendemen sebesar 111,647 %. Kadar ester (biodiesel) dari minyak nyamplung yang diperoleh melebihi kadar ester (biodiesel) minyak nyamplung yang sebenarnya, yaitu 74%. Menurut data departemen kehutanan (2014), kadar ester (biodiesel) dalam minyak nyamplung sebesar 74%. Hal ini dapat disebabkan karena perbandingan reaktan pada proses transesterifikasi. Menurut widyastuti (2007), menyatakan bahwa variable penting dalam proses transesterifikasi yang mempengaruhi hasil ester adalah rasio molar antara alkohol dan minyak.

Stoikiometri reaksi transesterifikasi memerlukan 3 mol alkohol untuk setiap mol trigliserida untuk menghasilkan 3 mol ester dan 1 mol gliserol. Untuk mendorong reaksi transesterifikasi ke arah kanan, perlu untuk menggunakan alkohol berlebih atau dengan memindahkan salah satu produk dari pencampura reaksi. Selain itu, dapat juga disebabkan oleh masih terdapat pengotor-pengotor dan sisa methanol atau pelarut dalam ester (biodiesel) yang dihasilkan atau dengan kata lain biodiesel yang dihasilkan belum murni, sehingga mempengaruhi rendemen yang dihasilkan.

Keuntungan dari proses transesterifikasi langsung menurut peneliti yaitu produk ester yang dihasilkan dapat langsung diambil, tetapi harus dilakukan pemurnian lebih lanjut pada produk ester (biodiesel) yang dihasilkan karena produk yang dihasilkan masih bercampur dengan sisa pelarut dan pengotor lainnya, sehingga mempengaruhi rendemennya.

d. Uji Kualitas Biodiesel

1. Viskositas biodiesel

Viskositas adalah suatu angka yang menyatakan besarnya hambatan dari suatu bahan cair untuk mengalir atau ukuran besarnya tahanan geser dari bahan cair. Makin tinggi viskositas minyak akan makin kental dan lebih sulit mengalir dan begitu juga sebaliknya. Viskositas minyak sangat berkaitan dengan suplai konsumsi bahan bakar ke dalam ruang bakar dan juga sangat berpengaruh terhadap kesempurnaan proses pengkabutan bahan bakar melalui injector.

Viskositas biodiesel yang diperoleh dari pengukuran yang dilakukan yaitu 0,0315 mm²/s. Viskositas yang dihasilkan terlalu rendah, sehingga tidak memenuhi syarat mutu biodiesel yang ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia tahun 2015 yaitu 2,3-6,0 mm²/s. Jazuli dan Susila (2014) dalam penelitiannya menyatakan bahwa bahan bakar dengan kekentalan lebih rendah memproduksi *spray* yang terlalu halus dan tidak dapat masuk lebih jauh ke dalam silinder pembakaran, sehingga terbentuk daerah *fuel rich zone* (daerah kaya bahan bakar) yang menyebabkan pembentukan jelaga.

2. Kadar air biodiesel

Kadar air adalah jumlah air yang terkandung dalam minyak dimana kandungan air ini berpengaruh pada nilai bakar. Kandungan air pada biodiesel dapat menyebabkan proses hidrolisis sehingga akan meningkatkan bilangan asam, menurunkan pH, dan meningkatkan sifat korosif. Kadar air yang terlalu tinggi pada bahan bakar dapat merusak system saluran bahan bakar dan menimbulkan korosi.

Kadar air biodiesel yang diperoleh pada penelitian ini yaitu 0,02%. Biodiesel dari penelitian ini memiliki kualitas karakteristik kadar air yang bagus, karena kadar airnya lebih kecil dari kadar air yang ditetapkan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2015 sebagai syarat mutu biodiesel yaitu maksimal 0,05%.

3. Massa jenis biodiesel

Massa jenis adalah perbandingan berat dari suatu volume contoh dengan berat air pada volume dan suhu yang sama. Minyak dengan massa jenis tinggi memiliki kemampuan bakar

yang rendah. Massa jenis bahan bakar minyak pada umumnya lebih kecil dari pada air. Massa jenis biodiesel yang diperoleh pada penelitian ini yaitu $0,8725 \text{ g/cm}^3$. Biodiesel yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki kualitas karakteristik massa jenis yang bagus, karena massa jenisnya masuk dalam rentang massa jenis yang ditetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 2015 sebagai syarat mutu standar biodiesel, yaitu $0,85 \text{ g/cm}^3$ sampai dengan $0,89 \text{ g/cm}^3$.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Rendemen ester yang dihasilkan pada tahap akhir transesterifikasi yaitu 111,647%
2. Viskositas yang diperoleh dari pengukuran yaitu $0,315 \text{ mm}^2/\text{s}$
3. Kadar air yang diperoleh dari pengukuran yang dilakukan yaitu 0,002
4. Massa jenis yang diperoleh dari hasil pengukuran yang dilakukan yaitu $0,8725 \text{ g/cm}^3$.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugraha, H. A., Mahfudz, Muchtiari, E. W., Huda, S., 2012, Pertumbuhan Dan Perkembangan Tunas Pada Bibit Nyamplung Hasil Pembiakan Dengan Teknik Sambungan. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 6, 91-102.
- Anif, M. U., 2011, Kajian Kualitas dan Hasil Pengolahan Biodiesel Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Pada Variasi Metode Ekstraksi, Metode Degumming dan Konsentrasi Metanol, *Tesis: Program Studi Agronomi*. Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto.
- Arita, S., Afrianto, I., Fitriana, Y., 2008, Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Reaksi 2 Tahap (Esterifikasi Dan Transesterifikasi), *Jurnal Teknik Kimia*, 15, 57-65.
- Baktiar, A., Susila, I., W., 2014, Perbaikan Kualitas Biodiesel Biji Karet Melalui Proses *Degumming* menggunakan Asam Fosfat Metode Non-katalis *Seperheated Methanol* Tekanan Atmosfir, *JTM*, 3, 323-331.
- Budianto, Daulay, H. B., Aldiona, A. F., 2012, Optimalisasi Kinerja Pembuatan dan Peningkatan Kualitas Biodiesel dari Fraksi Minyak Limbah Cair Pengolahan kelapa Sawit dengan Memanfaatkan Gelombang Ultrasonik, *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 22, 10-14.
- Chandra, B. B., Setiawan, F., Gunawan, S., Widjaja, T., 2013, Pemanfaatan Biji Buah Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel, *Jurnal Teknik Pomits*, 2, 13-15.
- Chavan, S.B., Kumbhar, R.R., Deshmukh R.B., 2013, *Calophyllum inophyllum Linn* (honne) Oil, A source for Biodiesel Production, *Research Journal of Chemical Sciences*, 3, 24-31.
- Damayanti, A., 2011, Pembuatan Meti Esetr (Biodiesel) dari Biji Ketapang, *Jurnal Kompetensi Teknik*, 3(1).
- Darmanto, S., Sediono, W., sarwoko, Triyatno, 2012, Analisa Karakteristik Biodiesel Nyamplung, *Gema Teknologi*, 16 (4).
- Hae, Lee, G., 1999, *Chemical Thermodynamics for Metals and Materials*, Imperial Collage Press. London.
- Hariska, A., Suciati, R. F., Ramdja, A. F., 2012, Pengaruh Metanol Dan Katalis Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Secara Esterifikasi Dengan Menggunakan Katalis K_2CO_3 , *Jurnal Teknik Kimia*, 1, 1-9.
- Hasahatan, D., Sunaryo, J., Komariah, L. N., 2012, Pengaruh Ratio H_2SO_4 Dan Waktu Reaksi Terhadap Kuantitas Dan Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar. *Jurnal Teknik Kimia*, 2(18):26-36.
- Hernando, R., Susila, I. W., 2013, Perbaikan Kualitas Minyak Biji Karet Melalui Proses *Degumming* Menggunakan Zeolit Dan Karbon Aktif Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel, *JTM*, 2, 73-79.
- Jazuli, A., Susila, I., W., 2014, Perbaikan Kualitas Minyak Biji Karet (CRSO) Melalui Proses *Degumming* Menggunakan Natrium Klorida (NaCl) sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel, *JTM*, 2(1): 25-30.
- Kuncahyo, P., Zuhdi, A., Semin, F., 2013, Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel di Indonesia, *Jurnal Teknik Pomits*, 2, 2301-9271.

- Kusumaningtyas, R. D., Bachtiar, A., 2012, Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Karet dengan Variasi Konsentrasi Suhu dan Konsentrasi KOH untuk Tahapan Transesterifikasi, *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 1(2).
- Muhammad, F. R., Jatranti, S., Qadariyah, L., Mahfud, 2014, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro, *Jurnal Teknik Pomits*, 3, 2301-9271.
- Padil, Whyuningsih, S., Awaludin, A., 2010, Pembuatan Biodiesel dari Minyak kelapa Melalui Reaksi Metanolisis menggunakan Katalis CaCO_3 yang dipijarkan, *Jurnal Natur Indonesia*, 13, 27-32.
- Putra, F. S. K., Falsafi, F. A., Gunawan, S., 2012, Karakterisasi Dan Potensi Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Teknik Pomits*, 1, 1-5.
- Qiqmana, A. M., Sutjahjo, D. H., 2014, Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung Dengan Proses Degumming Menggunakan Asam Sulfat Dan AsamCuka, *JTM*, 2, 132-139.
- Ristianingsih, Y., Sutijan, Budiman, A., 2011, Studi Kinetika Proses Kimia dan Fisika Penghilangan Getah *Crude Palm Oil* (CPO) dengan Asam Fosfat, *Reaktor*, 13, 242-247.
- Setiawati, E., Edwar, F., 2012, Teknologi pengolahan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel, *Jurnal Riset Industri*, 1, 117-127.
- Siburian, A. M., Pardede, A. S. D., dan Pandila, S. (2014). Pemanfaatan Adsorben dari Biji Jawa untuk Menurunkan Bilangan peroksida pada CPO (*Crude Palm Oil*), *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(4).
- Sidabutar, E. D.C., Faniudin, M. N., Said, M., 2013, Pengaruh Rasio Reaktan Dan Jumlah Katalis Terhadap Konversi Minyak Jagung Menjadi Metil Ester, *Jurnal Teknik Kimia*, 1, 40-49.
- Standar Nasional Indonesia (SNI), 2015, *Biodiesel SNI 7182:2015*, Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Susila, I. W., Agustini, R., Wibawa, S. C., 2016, The Development of Biodiesel Production from Rubber Seed Oil by Non Catalytic Method and degumming, *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineerin*, 3(03).
- Suresh, M. P., Rakhama, J. V., dan Harari, P. A., 2015, Tamanu (*Calophyllum Inophyllum*) Biodieselasan Alternative Fuel for CI Engine: Review, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 4, 11326-11332.
- Tadeus, A., Silalahi, I. H., Sayekti, E., Sianipar, A., 2013, Karakterisasi Zeolit-Ni Regenerasi dan Tanpa Regenerasi dalam Reaksi Perengkahan Katalitik, *JKK*, 2, 24-29.
- Wendi, Cuaca, V., Taslim., 2015, Pengaruh Suhu Reaksi dan Jumlah Katalis Pada Pembuatan Biodiesel dari Limbah Lemak Sapi Dengan Menggunakan Katalis Heterogen CaO dari Kulit Telur Ayam, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4, 35-41.
- Widyastuti, L., 2007, *Reaksi Metanolisis Minyak Jarak Pagar Menjadi Metil Ester sebagai Bahan Bakar Pengganti Minyak Diesel dngan Menggunakan Katalis KOH*, Skripsi: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Yunitasari, E. P., Arani, I., 2010, Pengaruh Jenis Solvent Dan Variasi Tray Pada Pengambilan Minyak Nyamplung Dengan Metode Ekstraksi Kolom. *Jurnal Agritech*, 33, 311-319.