

SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN KATALIS BASA HETEROGEN BERBAHAN DASAR CANGKANG TELUR AYAM

SYNTHESIS OF BIODIESEL FROM WASTE COOKING OIL USING HETEROGENEOUS BASE CATALYST MADE FROM CHICKEN EGG SHELLS

Imam S. Dalimunthe¹, Fajar Restuhadi² and Raswen Efendi²
Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau, Pekanbaru
Jl. Bina Widya No. 30 Km. 12,5 Simpang Baru Kecamatan Tampan Pekanbaru (28293)
Telp. (0761) 63270, Fax. (0761) 63271
Email: imam_dalimunthe07@yahoo.com

ABSTRACT

Conducted research of biodiesel methyl ester of waste cooking oil and methanol with use of ash as a catalyst. This study was done to optimize the manufacture of biodiesel from used cooking oil. This study uses a completely randomized design with four treatments, T₁ (Reaction transesterifikasi 2 hours), T₂ (transesterification reaction 3 hours), T₃ (transesterification reaction 4 hours) and T₄ (transesterification reaction 5 hours) with three replications. The data were analyzed using ANOVA, continued by DNMRT at 5% level. The results showed that the transesterification reaction time was significantly ($P < 0.05$) influenced the acid number, total glycerol, viscosity, flash point and levels of methyl ester, but did not significantly affect ($P > 0.05$) on the water content. The analysis has been carried obtained the best treatment is T₄ with the results said saponification (114,223 mg KOH/g), the acid value (0,495 mg KOH/g), total glycerol (0.137%), viscosity (3.376 cSt), water content (0.002%), flash point (195.750°C) and the level of methyl ester (99.738%).

Keywords: Biodiesel, waste cooking oil, catalyst transesterification reaction.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Ketersediaan bahan bakar minyak bumi semakin hari semakin terbatas. Sedangkan permintaan bahan bakar terus meningkat, sehingga cadangan minyak dunia semakin menurun. Permasalahan lain yang dihadapi dunia saat ini adalah masalah pencemaran udara karena penggunaan bahan bakar dan krisis bahan bakar mineral (minyak bumi), sebagaimana diketahui bahwa kemampuan negara-negara di dunia untuk menyediakan bahan bakar semakin lama berkurang karena hampir semua daerah yang mengandung minyak telah ditemukan dan dieksplorasi.

Salah satu cara untuk menekan pertumbuhan konsumsi bahan bakar minyak domestik adalah dengan membuat regulasi tentang penghematan energi nasional dan pengembangan energi alternatif. Sumber

energi utama di Indonesia masih bertumpu kepada jenis bahan minyak bumi. Salah satu bahan bakar alternatif yang berpotensi untuk mengatasi permasalahan bahan bakar di Indonesia adalah biodiesel.

Biodiesel berkembang karena adanya potensi besar terhadap penerapannya dalam bidang industri. Selain lebih efisien dan mudah didapatkan, biodiesel juga dianggap ramah lingkungan. Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar dapat meminimalkan efek rumah kaca (pemanasan global) karena emisi gas CO dapat ditekan seminimal mungkin. Hal ini karena sifat biodiesel merupakan bahan bakar yang dapat diperbaharui dan mudah terdegradasi oleh alam.

Menurut Ketaren (2008), minyak jelantah adalah minyak goreng yang telah rusak akibat proses oksidasi, polimerisasi dan hidrolisis.

1. Mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Riau
2. Dosen Fakultas Pertanian, Universitas Riau

Ciri-cirinya dapat dilihat dari kenampakan rupa yang kurang menarik dan citarasa yang tidak enak. Minyak jelantah (*waste cooking oil*) juga merupakan limbah dari penggunaan minyak goreng dan minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik dan terjadi selama proses penggorengan. Akibat proses-proses tersebut beberapa trigliserida akan terurai menjadi senyawa senyawa lain, salah satunya *Free Fatty Acid* (FFA) atau asam lemak bebas (Suirta, 2009 dalam Kadarwati dan Wahyuni, 2012).

Pembuatan biodiesel umumnya dilakukan dengan menggunakan katalis basa homogen seperti NaOH dan KOH karena memiliki kemampuan katalisator yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis lainnya. Akan tetapi, penggunaan katalis ini memiliki kelemahan yaitu sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali dan pada akhirnya akan ikut terbuang sebagai limbah yang dapat mencemarkan lingkungan, untuk mengatasi hal ini pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan menggunakan katalis basa heterogen.

Dalam penelitian ini dilakukan proses produksi biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis padat CaO yang terkandung di dalam cangkang telur ayam. Kandungan CaCO₃ di dalam cangkang telur sekitar 94 %-b dan sisanya adalah magnesium karbonat, kalsium fosfat dan bahan organik (Stadelman, 2000). Diharapkan bahwa cangkang telur dapat digunakan sebagai sumber CaO yang mempunyai kemurnian tinggi sehingga mampu berperan sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi minyak dan metanol menjadi biodiesel.

Sumber bahan baku (cangkang telur ayam) tersedia cukup banyak dan pada saat ini hanya dibuang (belum dimanfaatkan). Pemanfaatan cangkang telur sebagai katalis merupakan usaha yang cukup relevan untuk meningkatkan nilai ekonomi cangkang telur ayam dan mengurangi beban lingkungan (Stadelman, 2000).

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimasi proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis basa heterogen dari cangkang telur ayam.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Desember 2015 hingga April 2016 di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau Pekanbaru.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak jelantah diperoleh dari Rumah Makan Mak Kari, Jl. Manyar Sakti Pekanbaru, cangkang telur ayam ras diperoleh dari pedagang nasi goreng Panam Pekanbaru, KOH 0,1 N, KOH 0,5 N, indikator phenolphthalein, HCl 0,5 N, NaOH 0,1 N, kloroform (CHCl₃), asam asetat glasial (C₂H₄O₂), pereaksi Hanus, larutan kalium iodida (KI) 15 %, Na-tiosulfat (Na₂S₂O₃) 0,01 N, Na-tiosulfat (Na₂S₂O₃) 0,1 N, larutan indikator pati, indikator pati 1 %, asam periodat, alkohol netral, kertas saring dan akuades.

Alat-alat yang digunakan adalah labu leher tiga 500 ml, termometer, kondensor, *magnetic stirrer*, pengaduk, oven, loyang, erlenmeyer 250 ml, *beaker glass* 500 ml, labu ukur 1000 ml, corong pemisah, ember, selang, pompa air, viskotester, desikator, labu takar, pipet tetes, gelas ukur 50 ml, sendok, timbangan analitik, corong, statif, penjepit, gelas jar, erlenmeyer 100 ml, *blender*, spatula, *stopwatch*, kamera dan alat tulis.

PELAKSANAAN PENELITIAN

Pembuatan Katalis Biodiesel

Pembuatan katalis ini mengacu pada Wei dkk. (2009). Mula-mula cangkang telur dihancurkan dengan mortar dan *blender* selanjutnya diayak dengan ukuran 40-80 mesh. Cangkang telur yang telah dihancurkan ini kemudian dicuci dengan air untuk menghilangkan kotoran seperti debu yang menempel. Setelah dicuci, cangkang telur dikeringkan di dalam oven pada suhu 100 °C selama 24 jam. Cangkang telur kemudian dikalsinasi dalam sebuah *furnace* pada suhu 800 °C selama 2 jam.

Penentuan Asam Lemak Bebas (*Free Fatty Acid* / FFA)

Pengujian kadar asam lemak bebas minyak jelantah mengacu pada

Sudarmadji dkk. (1997). Kadar asam lemak bebas merupakan persen asam lemak bebas yang terdapat pada 1 g minyak. Minyak jelantah ditimbang sebanyak 5 g, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Selanjutnya ditambahkan 50 ml alkohol dan 2 ml indikator PP, kemudian dititrasi dengan larutan NaOH 0,1N sampai berwarna merah jambu dan tidak hilang selama 15 detik.

Pembuatan Larutan Metanol-Katalis CaO Berbahan Cangkang Telur Ayam

Prosedur pembuatan larutan metanol-katalis mengacu pada Nurdini (2008). Pembuatan larutan metanol-katalis dengan mengaktifkan katalis cangkang telur ayam selama 15 menit menggunakan oven dengan suhu 100 °C. Setelah itu katalis cangkang telur ayam ditimbang sebanyak 7 % dari berat bahan, kemudian dilarutkan di dalam erlenmeyer menggunakan metanol sebanyak 60 ml.

Pembuatan Biodiesel (Metil Ester)

Prosedur pembuatan biodiesel mengacu pada Nurdini (2008), yaitu minyak jelantah sebanyak 200 ml ditransesterifikasi menggunakan konsentrasi larutan katalis-metanol 7 % . Reaksi transesterifikasi dilakukan pada labu leher tiga yang dilengkapi dengan termometer, kondensor, dan pengaduk pada suhu 70 °C dengan waktu reaksi selama 2, 3, 4 dan 5 jam. Campuran metil ester yang terbentuk dimasukkan ke dalam labu

erlenmeyer dibiarkan selama 24 jam sehingga terbentuk 2 lapisan yaitu lapisan gliserol (dibagian bawah) dan lapisan metil ester (dibagian atas). Lapisan gliserol dan lapisan metil ester kemudian dipisahkan menggunakan kertas saring. Metil ester selanjutnya dipanaskan menggunakan oven pada suhu 110 °C selama 30 menit untuk menurunkan kadar air kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring whatman 40.

Pengamatan dan Analisis

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial. Parameter yang diamati meliputi nilai bilangan penyabunan, bilangan asam, kadar gliserol total, viskositas, titik nyala dan kadar metil ester. Data yang diperoleh dari hasil pengamatan akan dianalisis secara statistik dengan menggunakan uji *Analysis of Variance* (ANOVA). Jika F hitung > F tabel maka dilanjutkan dengan Uji *Duncan New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 5 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bilangan Asam

Bilangan asam dapat menentukan tingkat kerusakan selama penyimpanan. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan lama waktu transesterifikasi pada pembuatan biodiesel memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai bilangan asam. Rata-rata bilangan asam biodiesel yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata nilai bilangan asam (mg KOH/g).

Perlakuan	Bilangan asam (mg KOH/g)
T ₁ (Reaksi transesterifikasi 2 jam)	0,707 ^c
T ₂ (Reaksi transesterifikasi 3 jam)	0,659 ^c
T ₃ (Reaksi transesterifikasi 4 jam)	0,564 ^b
T ₄ (Reaksi transesterifikasi 5 jam)	0,495 ^a

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$).

Tabel 1 memperlihatkan bahwa semakin lama waktu transesterifikasi pada pembuatan biodiesel maka akan menurunkan bilangan asam pada biodiesel. Turunnya nilai bilangan asam diduga akibat semakin banyak asam lemak bebas yang bereaksi dengan metanol menyebabkan semakin lama waktu bertemu antara katalis dan asam lemak bebas.

Asam lemak bebas 2,83 mg KOH/g yang ada dalam minyak jelantah menyebabkan

trigliserida yang seharusnya beraksi dengan metanol terhambat. Melakukan perpanjangan waktu reaksi transesterifikasi dengan katalis CaO dari cangkang telur ayam dapat menurunkan nilai bilangan asam pada minyak jelantah yaitu dari 2,83 mg KOH/g menjadi 0,707-0,495 mg KOH/g. Dapat dilihat pada lama reaksi transesterifikasi 2 jam (T₁) dan 3 jam (T₂) terdapat perbedaan bilangan asam namun tidak signifikan, hanya memberikan

selisih sebesar 0,048 mg KOH/g, namun pada reaksi transesterifikasi 3 jam (T₂), 4 jam (T₃) dan 5 jam (T₄) terdapat perbedaan bilangan asam yang signifikan, memberikan selisih sebesar 0,095 mg KOH/g dan 0,069 mg KOH/g.

Perlakuan T₁ dan T₂ reaksi transesterifikasi diduga belum berjalan sempurna, karena waktu transesterifikasi terlalu singkat sehingga penguraian asam lemak belum maksimal. Lama reaksi transesterifikasi dalam memperoleh metil ester memberikan pengaruh terhadap nilai bilangan asam. Penurunan nilai bilangan asam diakibatkan penguraian asam lemak oleh metanol menjadi metil ester dengan bantuan katalis CaO dari cangkang telur ayam yang mampu menyerap asam lemak bebas pada reaksi transesterifikasi.

Katalis CaO dalam reaksi transesterifikasi dapat berfungsi maksimal untuk menyerap asam lemak terlihat pada perlakuan T₃ dan T₄, sehingga terjadi penurunan bilangan asam yang signifikan. Hal ini disebabkan waktu transesterifikasi yang dibutuhkan katalis CaO dari cangkang telur ayam untuk menguraikan asam lemak menjadi metil ester mulai sempurna.

Menurut Abdullah dkk. (2010), tingginya bilangan asam disebabkan jumlah katalis yang ditambahkan terlalu banyak sehingga terbentuk sabun atau akan terjadi reaksi saponifikasi. Hal ini sejalan dengan penelitian ini dengan jumlah katalis yang konstan dan lama reaksi transesterifikasi yang divariasikan dapat menekan bilangan asam. Asthasari (2008), menyatakan bahwa jumlah kandungan asam lemak bebas hanya berpengaruh pada transesterifikasi dan memakai katalis basa akan menimbulkan

reaksi samping yaitu penyabunan. Asam lemak bebas lebih reaktif bereaksi dengan katalis basa menghasilkan sabun dibanding trigliserida dan reaksi berlangsung secara *nonreversible*.

Proses yang terjadi ketika reaksi transesterifikasi adalah pengikatan asam lemak bebas dengan basa sebagai katalisator reaksi sehingga akan terbentuk sabun. Bilangan asam dapat ditekan dengan cara memperpanjang reaksi transesterifikasi selama 4 (T₃) sampai 5 (T₄) jam akan menyebabkan proses difusi dan absorpsi akan semakin panjang sehingga bilangan asam akan ikut bereaksi dengan metanol menggunakan bantuan katalis CaO. Trigliserida berdifusi di permukaan katalis sehingga berinteraksi dengan metanol yang ada di permukaan katalis karena katalis menyediakan suatu permukaan dimana pereaksi-pereaksi untuk terjerap sementara. Reaktan dan pereaksi berinteraksi sehingga terbentuknya molekul produk dalam permukaan katalis kemudian terlepas molekul produk dari permukaan katalis. Ikatan dalam substrat menjadi lemah sehingga memadai terbentuknya produk ikatan baru.

Jumlah bilangan asam menurut SNI adalah maksimal sebesar 0,8 mg KOH/g. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini telah memenuhi standar SNI yaitu sebesar 0,495-0,707 mg KOH/g.

Kadar Gliserol Total

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan memperpanjang lama reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel memberikan pengaruh nyata (P<0,05) terhadap nilai kadar gliserol total biodiesel. Rata-rata nilai kadar gliserol total biodiesel yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata nilai kadar gliserol total

Perlakuan	Kadar gliserol total (%)
T ₁ (Reaksi transesterifikasi 2 jam)	0,210 ^c
T ₂ (Reaksi transesterifikasi 3 jam)	0,175 ^b
T ₃ (Reaksi transesterifikasi 4 jam)	0,154 ^{ab}
T ₄ (Reaksi transesterifikasi 5 jam)	0,137 ^a

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata (P<0,05).

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 2 terlihat bahwa semakin lama reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel maka nilai kadar gliserol total akan semakin

menurun dengan perbedaan yang nyata. Reaksi transesterifikasi 2 jam (T₁) dan 3 jam (T₂) terdapat perbedaan kadar gliserol total sebesar 0,035 % dan pada reaksi transesterifikasi 4 jam

(T₃) terdapat perbedaan kadar gliserol total sebesar 0,021 % hal ini diduga karena aktivitas katalis semakin maksimal pada penambahan waktu transesterifikasi menjadi 4 jam, namun pada reaksi transesterifikasi 5 jam (T₄) memberikan pengaruh tidak nyata terhadap lama transesterifikasi 4 jam (T₃) disebabkan aktivitas katalis sudah mulai mencapai puncaknya.

Nilai kadar gliserol total pada penelitian ini antara 0,021-0,137 % dan masih berada di bawah nilai kadar gliserol total yang ditetapkan Standar Nasional Indonesia Tahun 2006 yaitu sebesar 0,24 %. Penurunan nilai kadar gliserol total disebabkan oleh lama waktu transesterifikasi yang semakin lama dapat menyebabkan semakin meningkat aktivitas katalis yang akan bereaksi dengan asam lemak sehingga diperoleh gliserol yang rendah saat lama reaksi transesterifikasi 5 jam (T₄).

Nilai kadar gliserol yang kecil menunjukkan reaksi transesterifikasi berjalan maksimal dan berhasil mengkonversi trigliserida yang ada. Nilai kadar gliserol total

juga menunjukkan proses pemisahan gliserol dari metil ester telah berjalan baik sehingga dihasilkan metil ester murni. Gliserol total yang tinggi menunjukkan masih banyak minyak yang belum dapat dikonversi menjadi metil ester dari suatu proses transesterifikasi. Tingginya gliserol total juga dapat menunjukkan rendahnya kemurnian biodiesel (Prihanto, 2013).

Menurut Yitnowati dkk. (2008), keberadaan gliserol yang tinggi dalam larutan metil ester akan mendorong reaksi berbalik ke kiri membentuk monogliserida. Keberadaan gliserol sebagai produk samping pembuatan biodiesel dan sisa senyawa gliserida (mono-, di-, dan tri-) dapat membahayakan mesin diesel. Terutama akibat adanya gugus OH yang secara kimiawi agresif terhadap logam bukan besi dan campuran krom. Selain itu akan terbentuknya deposit pada ruang pembakaran (Prihandana dkk., 2006).

Viskositas Kinematik

Rata-rata nilai viskositas biodiesel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata nilai viskositas

Perlakuan	Viskositas (cSt)
T ₁ (Reaksi transesterifikasi 2 jam)	5,605 ^c
T ₂ (Reaksi transesterifikasi 3 jam)	4,123 ^b
T ₃ (Reaksi transesterifikasi 4 jam)	3,445 ^a
T ₄ (Reaksi transesterifikasi 5 jam)	3,376 ^a

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata (P<0,05).

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 3 terlihat bahwa dengan memperpanjang lama reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel akan menurunkan nilai viskositas kinematik. Reaksi transesterifikasi 2 jam (T₁) dan 3 jam (T₂) terdapat perbedaan viskositas sebesar 1,482 cSt, hal ini diduga karena pada saat reaksi transesterifikasi 3 jam (T₂) aktivasi katalis maksimal dalam menjerap trigliserida dan metanol yang berbenturan semakin cepat akibat pemanasan pada reaksi transesterifikasi.

Reaksi transesterifikasi 4 jam (T₃) terdapat perbedaan viskositas sebesar 0,678 cSt bila dibandingkan dengan selisih nilai viskositas T₁ dan T₂ nilai ini menurun karena aktivasi katalis mulai menurun, namun pada reaksi transesterifikasi 5 jam (T₄). Nilai perbedaan viskositas antara T₄ dan T₅ 0,069 cSt dan tidak memberikan pengaruh nyata hal

ini diduga karena aktivasi katalis CaO telah mulai mencapai kesetimbangan. Viskositas kinematik menurut standar Standar Nasional Indonesia Tahun 2006 adalah sebesar 2,3-6,0 cSt. Saputra dkk. (2012), telah melakukan penelitian biodiesel menggunakan cangkang bekicot dan semakin lama waktu reaksi maka viskositas biodiesel juga menurun. Hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai viskositas berkisar antara 3,376-5,605 cSt nilai ini telah memenuhi Standar Nasional Indonesia Tahun 2006.

Menurut Hamid dan Yusuf (2002), viskositas yang sedikit lebih tinggi akan menambah tingkat pelumasan terhadap pompa injeksi dan komponen mesin lainnya yang bergesekan dengan pompa injeksi bahan bakar. Penelitian yang telah dilakukan oleh Sari (2007), menunjukkan bahwa perubahan nilai

viskositas sangat dipengaruhi secara nyata oleh nisbah mol metanol, suhu dan waktu reaksi. Syamsidar (2010), menyatakan bahwa dalam proses transesterifikasi dimana asam lemak bereaksi dengan katalis dan membentuk sabun. Adanya sabun yang dihasilkan dalam pembuatan biodiesel akan mengakibatkan tegangan permukaan biodiesel menjadi tinggi dan apabila tegangan permukaan tinggi maka susah untuk memecah molekul senyawa

tersebut, hal ini berkaitan dengan tingkat kekentalan dari senyawa biodiesel tersebut.

Kadar Air

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa lama reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai kadar air (Lampiran 7). Rata-rata nilai bilangan kadar air biodiesel dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata nilai kadar air.

Perlakuan	Kadar air (%)
T ₁ (Reaksi transesterifikasi 2 jam)	0,015 ^b
T ₂ (Reaksi transesterifikasi 3 jam)	0,013 ^b
T ₃ (Reaksi transesterifikasi 4 jam)	0,005 ^a
T ₄ (Reaksi transesterifikasi 5 jam)	0,002 ^a

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$).

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel dapat menyebabkan penurunan nilai kadar air biodiesel. Pemanasan pada reaksi transesterifikasi diberikan suhu 70 °C dan waktu yang lama akan menyebabkan air menguap sempurna, sehingga kadar air yang terdapat dalam biodiesel ini rendah.

Perlakuan transesterifikasi 4 jam (T₃) dan 5 jam (T₄) menunjukkan bahwa lama reaksi tidak memberikan pengaruh nyata pada nilai kadar air, hal ini diduga air terikat sempurna pada metil ester karena jumlah kadar air semakin kecil. Kadar air tidak bisa dihilangkan secara keseluruhan pada biodiesel karena metil ester sendiri mengandung air. Menurut Schindlbauer (1998) dalam Laksono (2012), menyebutkan bahwa *Fatty Acid Methyl Esters* (FAME), bersifat higroskopis dan dapat mengadung air sampai 1600 ppm yang terlarut sempurna dengan biodiesel.

Lama reaksi transesterifikasi yang sempurna dan dengan adanya panas pada reaksi menyebabkan air dapat dipecah menjadi unsur aslinya. Menurut Setiawati dan Edwar (2012), rendahnya kadar air dapat memperkecil kemungkinan terjadinya reaksi hidrolisis yang dapat menyebabkan kenaikan asam lemak bebas.

Menurut Syamsidar (2010), semakin kecil kadar air dalam minyak maka mutunya akan semakin baik karena akan memperkecil terjadinya hidrolisis yang dapat menyebabkan

kenaikan kadar asam lemak bebas. Kandungan air dalam bahan bakar dapat juga menyebabkan turunnya panas pembakaran, berbusa dan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur karena akan membentuk asam. Pada temperatur yang sangat dingin, air yang terkandung dalam bahan bakar membentuk kristal dan menyumbat aliran bahan bakar dan bersifat korosif. Biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia Tahun 2006 yaitu kadar air biodiesel sebesar 0,002-0,015 %.

Titik Nyala

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan katalis pada pembuatan biodiesel memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai titik nyala biodiesel. Rata-rata nilai bilangan kadar air biodiesel dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 5, dapat dilihat bahwa semakin bertambah waktu reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel dapat menyebabkan menurunkan nilai titik nyala biodiesel. Komposisi dari metil ester menyebabkan metil ester yang dihasilkan berupa mono-, di- dan tri- gliseridanya cukup tinggi karena reaksi transesterifikasi kurang sempurna sehingga titik nyala tinggi. Memperpanjang reaksi transesterifikasi dapat menguraikan trigliserida dengan sempurna sehingga nilai titik nyala dapat diturunkan.

Tabel 5. Rata-rata nilai titik nyala

Perlakuan	Titik nyala (°C)
T ₁ (Reaksi transesterifikasi 2 jam)	246,000 ^b
T ₂ (Reaksi transesterifikasi 3 jam)	243,500 ^b
T ₃ (Reaksi transesterifikasi 4 jam)	231,750 ^b
T ₄ (Reaksi transesterifikasi 5 jam)	195,750 ^a

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$).

Lama reaksi transesterifikasi memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan nilai titik nyala terlihat pada perlakuan T₄ (transesterifikasi 5 jam) hal ini diduga aktivasi katalis telah maksimal untuk menguraikan trigliserida sehingga titik nyala menurun signifikan. Menurut Standar Biodiesel Indonesia tahun 2006 kandungan nilai titik nyala minimal adalah 100 °C. Hasil analisa menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan memenuhi Standar Biodiesel Indonesia tahun 2006 untuk titik nyala yaitu sebesar 195,75-246,00 °C.

Titik nyala sendiri tidak berkaitan langsung dengan kerja mesin, namun sangat penting untuk keamanan dan keselamatan penyimpanan biodiesel. Menurut Suryani (2009), titik nyala yang tinggi akan memudahkan penanganan bahan bakar karena tidak perlu disimpan pada suhu rendah, sebaliknya titik nyala yang terlalu rendah akan membahayakan karena tingginya resiko terjadi penyalaaan.

Penyalaaan biodiesel dipengaruhi oleh bilangan setana. Bilangan setana merupakan ukuran yang menunjukkan kemampuan bahan bakar diesel untuk dikompresi dalam mesin. Prihandana dkk. (2006), menyatakan bahwa bilangan setana yang tinggi menunjukkan bahwa biodiesel dapat menyala pada temperatur yang relatif rendah begitu juga sebaliknya sehingga akan mudah terbakar di dalam silinder pembakaran mesin dan tidak terakumulasi.

Tingginya nilai titik nyala dapat disebabkan masih terdapat faktor pengotor berupa gliserol dan sisa katalis yang belum sepenuhnya hilang pada biodiesel yang telah dihasilkan. Menurut Lisdayanti dkk. (2013), tingginya titik nyala disebabkan oleh masih adanya kandungan komponen dalam biodiesel yang mempunyai titik nyala yang tinggi sehingga menaikkan titik nyala biodiesel.

Penelitian yang telah dilakukan Darmawan (2013), menghasilkan biodiesel dengan nilai titik nyala yang memenuhi standar SNI yaitu sebesar 145 °C. Biodiesel dari minyak jelantah pada penelitian ini memiliki kualitas yang bagus karena memiliki titik nyala yang tinggi. Bila dibandingkan dengan petroleum diesel, biodiesel mempunyai nilai titik nyala yang lebih tinggi dari petroleum diesel sehingga lebih aman jika disimpan dan digunakan.

Bilangan Penyabunan

Selama proses transesterifikasi asam lemak yang ada pada minyak jelantah akan bereaksi dengan metanol membentuk metil ester. Bilangan penyabunan metil ester yang diperoleh adalah kisaran 121,319-114,223 mg KOH/g. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pada lama reaksi transesterifikasi, aktivasi katalis juga memberikan pengaruh nyata terhadap bilangan penyabunan. Rata-rata nilai bilangan penyabunan yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata nilai bilangan penyabunan biodiesel.

Perlakuan	Bilangan penyabunan (mg KOH/g)
T ₁ (Reaksi transesterifikasi 2 jam)	121,319 ^b
T ₂ (Reaksi transesterifikasi 3 jam)	117,467 ^{ab}
T ₃ (Reaksi transesterifikasi 4 jam)	114,056 ^a
T ₄ (Reaksi transesterifikasi 5 jam)	114,223 ^a

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$).

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan T₁ (reaksi transesterifikasi 2 jam) dan T₂ (reaksi transesterifikasi 3 jam) lama reaksi transesterifikasi memberikan, pengaruh tidak nyata dan hal yang sama juga terjadi pada perlakuan T₃ (reaksi transesterifikasi 4 jam) dan T₄ (reaksi transesterifikasi 5 jam). Lama reaksi transesterifikasi memberikan pengaruh nyata antara T₁ (reaksi transesterifikasi 2 jam) dan T₃ (reaksi transesterifikasi 4 jam).

Menurut Wang dkk. (2006), pemakaian katalis basa hanya akan berlangsung sempurna bila minyak dalam kondisi netral dan tanpa keberadaan air. Kondisi minyak yang tidak netral dan mengandung air yang tinggi dapat menyebabkan terbentuknya sabun, namun berbeda hal dengan katalis basa heterogen. Katalis heterogen akan menjerap air dan kotoran pada proses transesterifikasi sehingga mampu menekan jumlah bilangan penyabunan.

Katalis CaO dari cangkang telur ayam bersifat basa heterogen sehingga mampu mengadsorpsi air dan asam lemak bebas pada

permukaannya. Penggunaan katalis bersifat heterogen pada reaksi transesterifikasi akan membantu mengurangi terjadinya reaksi penyabunan sabun apabila jumlah asam lemak bebas atau air pada minyak jelantah dalam jumlah besar.

Menurut Hamid dan Yusuf (2002), semakin besar produk sabun yang dihasilkan menyebabkan proses pencucian metil ester menjadi tidak mudah, karena sabun akan mengikat produk metil ester dengan air sehingga menyebabkan proses pemisahannya menjadi tidak mudah.

Kadar Metil Ester

Kadar metil menunjukkan jumlah ester murni di dalam biodiesel. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan lama reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai kadar metil ester biodiesel (Lampiran 10). Rata-rata kadar biodiesel dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rata-rata nilai kadar metil ester.

Perlakuan	Kadar metil ester (%)
T ₁ (Reaksi transesterifikasi 2 jam)	98,446 ^a
T ₂ (Reaksi transesterifikasi 3 jam)	99,290 ^b
T ₃ (Reaksi transesterifikasi 4 jam)	99,621 ^{bc}
T ₄ (Reaksi transesterifikasi 5 jam)	99,738 ^c

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$).

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa semakin lama reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel menyebabkan peningkatan nilai metil ester biodiesel. Perlakuan T₁ (reaksi transesterifikasi 2 jam) berbeda nyata dengan perlakuan T₂ (lama reaksi transesterifikasi 3 jam) hal ini diduga karena aktivasi katalis dan metanol baru berjalan dalam menguraikan trigliserida.

Lama reaksi transesterifikasi pada T₃ (reaksi transesterifikasi 4 jam) berbeda tidak nyata dengan perlakuan T₂ (reaksi transesterifikasi 3 jam) dan T₄ (reaksi transesterifikasi 5 jam). Hal ini diduga dengan memperpanjang lama reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel menyebabkan kerja katalis bereaksi dengan reaktan cukup dan mendekati kesetimbangan dalam proses penguraian trigliserida.

Waktu reaksi merupakan salah satu parameter penting yang berperan dalam reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi mengubah trigliserida menjadi metil ester yang memiliki ukuran molekul lebih kecil dan mengakibatkan viskositas juga semakin rendah. Nilai viskositas akan menurun apabila waktu reaksi transesterifikasi diperpanjang hal ini disebabkan karena telah terjadi pemutusan trigliserida sehingga terbentuk senyawa dengan ukuran molekul yang lebih kecil.

Perubahan viskositas dapat dijelaskan dengan teori termodinamika yang menyatakan bahwa, semakin tinggi temperatur maupun lama pemanasan suatu fluida, molekul fluida akan bergerak cepat sehingga secara makro akan meninggalkan tekanan. Batas pada materi akan mengembang dan memperlebar jarak antar molekul. Jarak molekul yang lebar akan

mengakibatkan viskositas menurun. Lama waktu reaksi akan menyebabkan viskositas semakin menurun karena trigliserida dipecah menjadi digliserida dan monogliserida yang berubah menjadi metil ester sehingga metil ester semakin banyak.

Reaksi transesterifikasi tidak hanya mempengaruhi viskositas namun juga mempengaruhi beberapa parameter lainnya seperti titik nyala, kadar air, kadar gliserol total dan bilangan asam. Proses pemecahan trigliserida menjadi molekul yang lebih kecil melalui proses transesterifikasi tidak terlepas

dari bantuan katalis yang direaksikan dengan metanol.

Rekapitulasi Hasil Analisis Perlakuan Terbaik

Berdasarkan parameter yang telah diamati (bilangan penyabunan, bilangan asam, kadar gliserol total, viskositas, bilangan kadar air, titik nyala dan kadar metil ester) telah dipilih biodiesel perlakuan terbaik. Adapun rekapitulasi hasil untuk semua analisis perlakuan yang telah terpilih disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi hasil analisis biodiesel perlakuan terbaik.

Hasil analisis	SNI	Perlakuan			
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Bilangan asam (mg KOH/g)	Maks 0,8	0,707 ^c	0,659 ^c	0,564 ^b	0,495^a
Kadar gliserol total (%)	Maks 0,24	0,210 ^c	0,175 ^b	0,154 ^{ab}	0,137^a
Viskositas (cSt)	2,3-6,0	5,605 ^c	4,123 ^b	3,445 ^a	3,376^a
Kadar air (%)	Maks 0,05	0,015 ^b	0,013 ^b	0,005 ^a	0,002^a
Titik nyala (°C)	Min 100	246,000 ^a	243,500 ^b	231,750 ^b	195,750^a
Bilangan penyabunan (mg KOH/g)		121,319 ^b	117,467 ^{ab}	114,056 ^a	114,223^a
Kadar metil ester (%)	Min 96,5	98,446 ^a	99,290 ^b	99,621 ^b	99,738^c

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$).

Tabel 8 menunjukkan bahwa lama reaksi transesterifikasi memberikan pengaruh nyata terhadap nilai bilangan penyabunan, bilangan asam, kadar gliserol total, viskositas, titik nyala dan metil ester serta tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air biodiesel. Hasil pengamatan biodiesel yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa perlakuan terbaik yang didapatkan adalah perlakuan T₄ yaitu lama reaksi transesterifikasi 5 jam.

Pemilihan perlakuan terbaik ditentukan berdasarkan pada nilai kadar metil ester yang tertinggi diperoleh pada reaksi 5 jam (T₄) dan untuk nilai kadar air, kadar gliserol total, bilangan asam, titik nyala, bilangan penyabunan, viskositas menunjukkan angka yang terendah. Pada reaksi transesterifikasi 5

jam (T₄) nilai bilangan penyabunan 114,223 mg KOH/g, bilangan asam 0,495 mg KOH/g, kadar gliserol total 0,0137 %, viskositas 3,376 cSt, kadar air 0,002 %, titik nyala 195,750 °C, dan kadar metil ester 99,738 % telah memenuhi standar SNI biodiesel.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa: 1) Lama reaksi transesterifikasi memberikan pengaruh yang nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai bilangan penyabunan, bilangan asam, kadar gliserol total, viskositas, bilangan iodin, titik nyala dan metil ester serta memberikan pengaruh tidak nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar air biodiesel. 2) Perlakuan terbaik yang diperoleh pada

penelitian ini adalah lama transesterifikasi 5 jam (T_4) dengan karakteristik nilai penyabunan 114,223 mg KOH/g, bilangan asam 0,495 mg KOH/g, kadar gliserol total 0,137%, kadar air 0,002%, titik nyala 195,750°C, kadar metil ester 99,738% dan viskositas 3,376 cSt.

Saran

Biodiesel dalam penelitian ini telah memenuhi Standar Nasional Indonesia, namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat hubungan jumlah mol alkohol terhadap kadar metil ester untuk memperoleh ester yang lebih murni.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, J. Darma dan J. Rodiansono. 2010. **Optimasi jumlah katalis KOH dan NaOH pada pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit menggunakan kopelarut.** Jurnal Sains dan Terapan Kimia, volume 4 (1): 1-7.
- Asthasari, R. U. 2008. **Kajian proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan katalis abu tandan kosong sawit.** Skripsi Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Darmawan, I. F. 2013. **Proses produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan metode pencucian *dry-wash* sistem.** Jurnal Teknik Mesin, volume 2 (1): 23-32.
- Hamid, T. dan R. Yusuf. 2002. **Preparasi karakteristik biodiesel dari minyak kelapa sawit.** Jurnal Teknologi, volume 6 (2): 1-12.
- Kadarwati, S. dan S. Wahyuni. 2012. **Preparasi karakterisasi dan uji aktivitas katalis NI-MO/Zeolit alam dalam proses *catalytic cracking* jelantah menjadi biogasoline.** Jurnal Kimia, volume 44 (2): 2252-6951.
- Ketaren, S. 2008. **Pengantar Teknologi Minyak Dan Lemak Pangan.** Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Laksono, M. 2012. **Peningkatan kualitas minyak goreng bekas menggunakan arang ampas tebu teraktivitas dan penetralan dengan NaHSO_3 .** Skripsi Fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Lisdayanti, R., C. A. Putrid dan W. Setyawati. 2013. **Sintesis biodiesel dari minyak sisa pakai dengan variasi waktu reaksi dan ukuran $\text{Ba}(\text{OH})_2$ sebagai katalis.** Jurnal Teknik Kimia, volume 8 (1):887-893.
- Nurdini, D. A. 2008. **Desain proses pembuatan biodiesel dari bahan baku minyak jelantah dengan katalis alami abu *cocopeat*.** Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Prihandana, R., R. Hendroko dan M. Nuramin. 2006. **Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM.** PT. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Prihanto, A., B. Pramudono dan H. Santosa. 2013. **Peningkatan *yield* biodiesel dari minyak biji nyamplung melalui transesterifikasi dua tahap.** Jurnal Momentum, volume 9 (2): 12-25.
- Saputra, L., N. Rakhmah, H. T. Pradita dan Sunardi. 2012. **Produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan cangkang bekicot (*Achatina fulica*) sebagai katalis heterogen.** Jurnal Prestasi, volume 1 (2): 22-31.
- Sari, A. B. T. 2007. **Proses pembuatan biodiesel minyak jarak pagar dengan transesterifikasi satu dan dua tahap.** Skripsi Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setiawati, S. dan F. Edwar. 2012. **Teknologi pengolahan biodiesel dari minyak goreng bekas dengan teknik mikrofiltrasi dan transesterifikasi sebagai alternatif bahan bakar mesin diesel.** Jurnal Riset Industri, volume 4 (2): 1088-1096.

- SNI. 2006. **Standar Nasional Indonesia Biodiesel**. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Stadelman, W. J. 2000. **Eggs and egg products**. Journal of Food Science and Technology, volume 2 (1): 1-23.
- Sudarmadji, S. B., Haryono dan Suhardi. 1997. **Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian**. Liberty. Yogyakarta.
- Suryani, A. 2009. **Penurunan asam lemak bebas dan transesterifikasi minyak jelantah menggunakan kopelarut metil tersier butil eter (MTBE)**. Skripsi Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Syamsidar, H. S. 2010. **Pembuatan dan uji kualitas biodiesel dari minyak jelantah**. Jurnal Teknosains, volume 7 (2): 1-22.
- Wang, R., W. W. Zhou, M. A. Hanna, Y. P. Zhang, P. S. Bhadury, Y. Wanga, B. A. Song dan S. Yang. 2012. **Preparation, Optimization, and Fuel Properties from Non-Edible Feedstock**. Journal of Datura Stramonium L. Fuel, volume 91 (6): 182–186.
- Wei, Z., C. Xu dan B. Li. 2009. **Application of Waste Eggshell as Low-Cost Solid Catalyst for Biodiesel Production**. Journal of Bioresource Technology, volume 100 (11): 2883-2885.
- Yitnowati, U., Yoeswono, D. W. Tutik dan T. Iqmal. 2008. **Pemanfaatan abu tandan kosong sawit sebagai sumber katalis basa (K_2CO_3) pada pembuatan biodiesel minyak jarak (*Ricinus communis*)**. Makalah Seminar Nasional Kimia XVIII. Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.