

PENGARUH RASIO MOLAR DAN WAKTU REAKSI TERHADAP HASIL DAN MUTU BIODISEL MELALUI REAKSI TRANSESTERIFIKASI DENGAN GELOMBANG ULTRASONIK

[EFFECT OF MOLAR RATIO AND REACTION TIME ON THE YIELD AND QUALITY OF BIODISEL PRODUCED BY ULTRASONIC-AIDED TRANSESTERIFICATION OF WASTE COOKING OIL]

Oleh :

Viffit Desiyana¹, Agus Haryanto², Sri Hidayati³

¹⁾ Mahasiswa S1 Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

²⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

³⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

✉ komunikasi penulis, email : viffit_desiyana@yahoo.co.id

Naskah ini diterima pada 10 Januari 2014; revisi pada 5 Februari 2014;
disetujui untuk dipublikasikan pada 17 Februari 2014

ABSTRACT

Biodiesel is alkyl esters that are produced through alcoholysis or (transesterification) process of triglycerides with methanol or ethanol in the presence of bases. The purpose of this study was to determine the effect of the molar ratio and reaction time on the yield and quality of biodiesel from used cooking oil through transesterification process assisted ultrasonic wave at a frequency of 42 kHz. This research was conducted using waste cooking oil obtained from the cracker factory in Sukarame, Bandar Lampung. The chemicals used are methanol and NaOH as catalyst (both are of technical grade). The experiment was arranged by two factors, namely the molar ratio and reaction time. Factor molar ratio of methanol the used cooking oil is composed of three levels, namely 3 : 1, 4,5 : 1, and 6 : 1. Reaction time factor consists of three levels, 5 minutes, 10 minutes, and 30 minutes. All treatments are carried out with three replications. The results showed that the presence of ultrasonic wave can eliminate the process of heating and stirring at conventional biodiesel transesterification process. Production of biodiesel produced in this reaction ranged from 55,67 to 70,67 % with the characteristics density of 0,86 to 0,94 kg/liter, acid number 0,09 to 0,15 %, and viscosity of 4,16 to 8,07 cSt. Statistically, molar ratio and reaction time significantly affect the yield and acid number of biodiesel but did not significantly affected the viscosity and density of biodiesel. Molar ratio and reaction time best obtained at a molar ratio of 6 : 1 with reaction time of 30 minutes. Biodiesel produced could potentially be used as a substitute fuelin kerosene stove.

Keywords: Molar ratio, reaction time, biodiesel, used cooking oil, ultrasonic wave

ABSTRAK

Biodiesel merupakan senyawa alkil ester yang diproduksi melalui proses alkoholisis (transesterifikasi) antara trigliserida dengan metanol atau etanol dengan bantuan katalis basa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rasio molar dan waktu reaksi terhadap hasil dan mutu biodiesel dari minyak jelantah melalui proses transesterifikasi yang dibantu gelombang ultrasonik pada frekuensi 42 kHz. Penelitian ini dilakukan menggunakan minyak jelantah yang diperoleh dari pabrik kerupuk di Sukarame, Bandar Lampung. Bahan kimia yang digunakan adalah metanol teknis dan NaOH teknis sebagai katalis. Penelitian dilakukan dengan dua faktor, yaitu rasio molar dan waktu reaksi. Faktor rasio molar terhadap minyak jelantah terdiri dari tiga level, yaitu 3 : 1, 4,5 : 1, dan 6 : 1. Faktor waktu reaksi terdiri dari tiga taraf yaitu 5 menit, 10 menit, dan 30 menit. Semua perlakuan dilakukan dengan tiga kali ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian gelombang ultrasonik dapat menghilangkan proses pemanasan dan pengadukan pada proses transesterifikasi biodiesel secara konvensional. Produksi biodiesel yang dihasilkan pada reaksi ini berkisar antara 55,67 – 70,67% dengan karakteristik massa jenis 0,86 – 0,94 kg/liter, bilangan asam 0,09 – 0,15%, dan viskositas 4,16 – 8,07 cSt. Secara statistik rasio molar dan waktu reaksi berpengaruh nyata terhadap rendemen dan bilangan asam biodiesel tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap viskositas dan massa jenis biodiesel. Rasio molar dan waktu reaksi terbaik

didapat pada rasio molar 6 : 1 dengan waktu reaksi 30 menit. Biodiesel yang dihasilkan berpotensi dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar kompor minyak tanah.

Kata Kunci: Rasio molar, waktu reaksi, biodiesel, minyak jelantah, ultrasonik

I. PENDAHULUAN

Minyak jelantah merupakan salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk produksi biodiesel karena minyak ini masih mengandung trigliserida. Minyak jelantah merupakan limbah yang berpotensi menimbulkan bau busuk akibat degradasi biologi. Sementara untuk menekan biaya produksi sebagian pedagang biasanya tidak membuang minyak jelantah tersebut. Minyak jelantah yang digunakan kembali sebagai bahan makanan tidak baik untuk kesehatan karena dapat mengakibatkan kerusakan pada hati, ginjal, jantung dan bersifat karsinogenik (Hanif, 2009). Oleh karena itu perlu dilakukan usaha-usaha lain dalam pemanfaatan minyak jelantah tersebut. Salah satunya adalah sebagai bahan baku dalam produksi biodiesel.

Konversi langsung minyak jelantah atau minyak goreng bekas menjadi biodiesel sudah cukup lama dilakukan oleh para peneliti biodiesel (Freedman et al., 1984; Kheang, 1996; Ummy, 2008; Hanif, 2009; Nadir et al., 2009). Pada umumnya proses produksi biodiesel dari minyak jelantah melalui tahapan penyaringan minyak, tahapan esterifikasi dan transesterifikasi minyak menjadi biodiesel. Tahapan-tahapan panjang yang harus dilalui menyebabkan rendahnya efisiensi energi dan tingginya konsumsi energi, yang mengakibatkan tingginya biaya produksi biodiesel.

Penggunaan gelombang ultrasonik diharapkan dapat menghasilkan proses dengan input energi lebih rendah untuk proses produksi biodiesel agar efisien, dengan suhu rendah dan waktu proses lebih pendek dibandingkan dengan proses konvensional (Susilo, 2007). Kavitasi dinamik gelombang ultrasonik mampu menciptakan kondisi lingkungan yang sangat ekstrim di mana suhu dan tekanan lokal

sesaat dapat mencapai 10.000°C dan 1000 atm (Santos dkk., 2009; Hendee dan Ritenour, 2002). Kondisi seperti ini dapat menyebabkan radikal-radikal yang berpengaruh terhadap dekomposisi pelarut, monomer, atau putusnya rantai polimer, sehingga radikal-radikal ini mampu menginisiasi reaksi kimia (Xia et al., 2009). Oleh karena itu, penelitian ini akan mengamati pengaruh gelombang ultrasonik pada proses transesterifikasi yang digunakan terhadap rendemen dan kualitas biodiesel yang akan dihasilkan.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli – September 2013 bertempat di Laboratorium Pengolahan Limbah Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian dan Laboratorium Teknologi Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Bandar Lampung. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan, termokopel, stopwatch, ultrasonic cleaner merk coleparmer 8890, falling balls viscometers, stirrer, karet silikon, sentrifuser, timbangan analitik, selang air, sarung tangan, masker, aluminium foil, peralatan gelas, statif dan klem. Sementara untuk bahan yang digunakan adalah minyak jelantah yang didapat dari industri kerupuk rumah tangga di Sukarame, Bandar Lampung, metanol teknis, NaOH teknis, isopropanol alkohol (IPA), aquadest, dan indikator PP (Phenolphthalein). Transesterifikasi dilakukan menggunakan katalis NaOH teknis (5,5 g/L) dengan bantuan gelombang ultrasonik pada frekuensi 42 kHz. Penelitian dilakukan dua faktor, yaitu rasio molar (3, 4,5, dan 6) dan waktu reaksi (5, 10, dan 30 menit).

Produksi biodiesel (Gambar 1) dilakukan dengan mencampur 100 ml minyak jelantah dengan 22 ml larutan metoksida kedalam erlenmeyer 250 ml yang di atasnya ditutup

menggunakan kondensor. Erlemneyer diletakkan di dalam *ultrasonic cleaner*, nyalakan alat sampai waktu yang dikehendaki. Setelah proses selesai dilakukan, larutan dituangkan ke dalam botol bening dan didiamkan selama 24 jam sampai terjadi pengendapan. Endapan gliserol dan biodiesel dipisahkan dengan pipet tetes. Biodiesel yang dihasilkan dicuci dengan menggunakan aquadest yang telah dipanaskan dan diaduk hingga rata pencucian diulangi lagi sampai air cucian berwarna bening. Biodiesel yang telah dicuci diukur rendemen, massa jenis (ρ), bilangan asam, dan viskositas (μ).

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Bobot biodiesel setelah pencucian (g)}}{\text{Bobot minyak jelantah (g)}} \times 100$$

b. Massa Jenis

Massa jenis ($\rho_{\text{Biodiesel}}$) diukur dengan menggunakan piknometer dan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\rho_{\text{Biodiesel}} = \frac{m}{V}$$

Dimana m adalah massa sampel biodiesel (g) dan V adalah volume sampel biodiesel (ml)



Gambar 1. Rangkaian alat pada produksi biodiesel

Jumlah Katalis NaOH

Dari data hasil titrasi kemudian dihitung kadar dan diperoleh hasil rata-rata sebesar 4,30%. Karena kadar FFA kurang dari 5% maka proses produksi biodiesel dapat dilakukan dengan reaksi transesterifikasi. Jumlah katalis NaOH yang diperlukan untuk reaksi transesterifikasi sebanyak 0,55gram untuk 100 ml minyak jelantah.

Pengamatan

a. Rendemen Biodiesel

Rendemen biodiesel dihitung dengan menggunakan persamaan:

c. Bilangan Asam

Bilangan asam dilakukan dengan proses titrasi dan dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} \% \text{ Bilangan Asam} &= \frac{\text{ml NaOH} \times N \times 280,77}{M \times 1000} \\ &\times 100\% \end{aligned}$$

d. Viskositas

Viskositas biodiesel diukur dengan alat *falling balls viscometers* dan dihitung dengan persamaan:

$$\mu = \frac{k (8,02 \text{ g/ml} - \rho_{\text{biodiesel}}) t_0}{\rho_{\text{biodiesel}}}$$

dimana μ adalah viskositas (cSt), $\rho_{\text{biodiesel}}$ adalah massa jenis biodiesel (g/ml), k adalah koefisien bola (0,01336), dan t_0 adalah waktu aliran larutan (s).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Minyak jelantah

Minyak jelantah yang digunakan sebagai bahan baku didapat dari salah satu industri rumah tangga kerupuk yang berlokasi di Sukarame, Bandar Lampung. Secara visual, minyak jelantah awal berwarna coklat gelap, keruh, dan kental. Warna coklat gelap disebabkan oleh proses oksidasi terhadap tokoferol (vitamin E), ekstraksi zat warna karena pemanasan suhu tinggi, serta reaksi dengan logam seperti Fe, Cu, dan Mn (Ummy, 2008). Karakteristik minyak jelantah yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik minyak jelantah

No.	Karakteristik	Hasil analisa
1.	Massa jenis (Gram/ml)	0,8530
2.	FFA (%)	4,301
3.	Visikositas 40°C (cSt)	21,21
4.	Bilangan asam (%)	0,613

3.2 Rendemen Biodiesel

Biodisel atau ester metil dari asam lemak yang dihasilkan memiliki warna kuning pucat, jernih, dan encer. Warna yang lebih cerah dikarenakan hasil reaksi dengan pelarut organik tertentu, dalam hal ini metanol. Hasil samping dari reaksi transesterifikasi adalah gliserol yang berwarna coklat gelap dan lebih kental dibandingkan dengan biodiesel. Sementara untuk hasil analisis rendemen biodiesel dengan penggunaan berbagai konsentrasi rasio molar berkisar antara 55,67 - 70,67%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio molar yang digunakan mempengaruhi nilai rendemen biodiesel yang dihasilkan.



a.

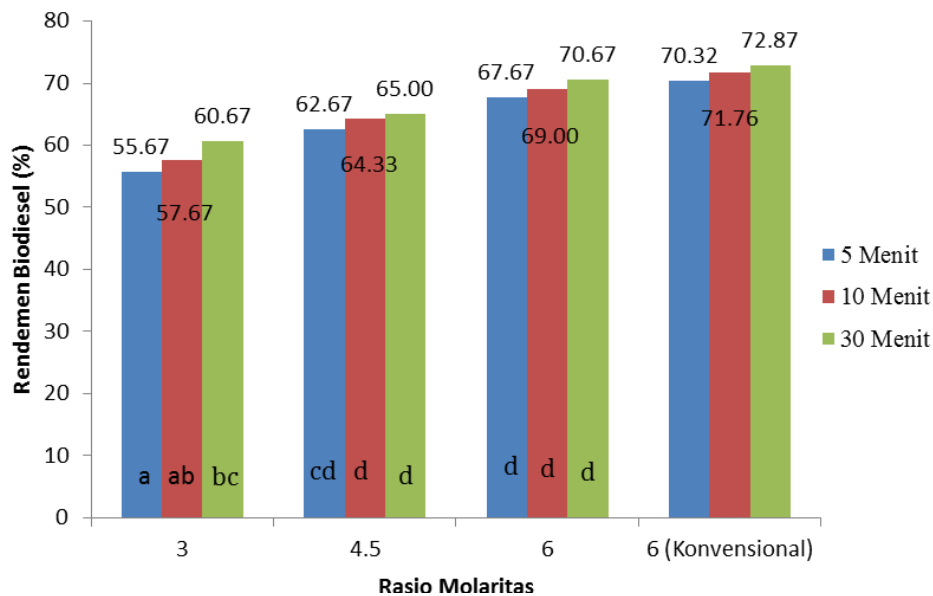


b.

Gambar 2. Hasil transesterifikasi minyak jelantah menghasilkan a. Biodiesel (Ester Metil), b. Gliserol

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan biodiesel pada rasio molar 6 : 1 dan waktu reaksi 30 menit memiliki sifat fisik yang lebih baik dari pada rasio molar 3 : 1 dan waktu 5 menit. Sementara untuk rasio molar 3 : 1 dengan waktu reaksi 5 menit reaksi transesterifikasi dengan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 42 kHz tidak berjalan dengan baik. Hal ini dapat dilihat dari hasil data analisis massa jenis, bilangan asam dan viskositas yang tidak memenuhi standar SNI biodiesel.

interaksi dengan molekul dan sifat enersia medium yang dilaluinya (Bueche, 1986). Karakteristik gelombang ultrasonik yang melalui medium mengakibatkan getaran partikel dengan medium amplitudo sejajar dengan arah rambat secara longitudinal (Resnick dan Halliday, 1992). Pencampuran dengan menggunakan ultrasonik lebih baik dibandingkan dengan menggunakan pengadukan karena adanya efek kavitasi (Mahamuni dan Adewuyi, 2009; Deshmane dkk, 2009; Santos dkk, 2009). Kavitasi



Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu reaksi dan rasio molar terhadap rendemen biodiesel (angka/bar yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%)

masing-masing perlakuan berbeda nyata. Jadi, pada rasio molar 4,5 : 1 dan waktu reaksi 10 dan 30 menit rendemen biodiesel tidak berbeda nyata dengan rasio molar 6 : 1. Namun, nilai ini berbeda sangat nyata dengan rendemen biodiesel pada rasio molar 3 : 1 dan waktu reaksi 5 menit. Dengan begitu berarti rasio molar dan waktu reaksi sangat berpengaruh terhadap kualitas rendemen yang dihasilkan. Rendemen untuk biodiesel terbaik didapat pada rasio molar 6 : 1 dan waktu 5 menit.

Gelombang ultrasonik dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas, hal disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai

akan bertambah pada saat gelombang ultrasonik mempunyai amplitudo positif dan akan berkurang pada saat amplitudo negatif. Akibat perubahan tekanan ini maka gelembung-gelembung gas yang biasanya ada dalam cairan akan terkompresi pada saat tekanan cairan naik dan tereksansi pada saat tekanan turun (Putri dkk., 2012).

Proses produksi biodiesel secara konvensional dengan rasio molar 6 : 1 dan waktu reaksi 30 menit menghasilkan rendemen sebesar 72,87% (Sinaga, 2013). Sementara untuk rendemen biodiesel pada penelitian ini dengan rasio molar dan waktu reaksi yang sama rendemen biodiesel sebesar 70,67%. Keunggulan yang didapat pada proses produksi biodiesel

menggunakan bantuan gelombang ultrasonik tidak memerlukan pengadukan dan pemanasan seperti pada proses produksi biodiesel secara konvensional. Peningkatan laju reaksi akan menghasilkan konversi pembentukan biodiesel yang lebih tinggi dan proses berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan proses tanpa penggunaan ultrasonik. Maka, penggunaan gelombang ultrasonik pada proses produksi biodiesel energi yang dibutuhkan lebih rendah dibandingkan dengan proses produksi biodiesel secara konvensional.

3.3 Massa Jenis Biodiesel

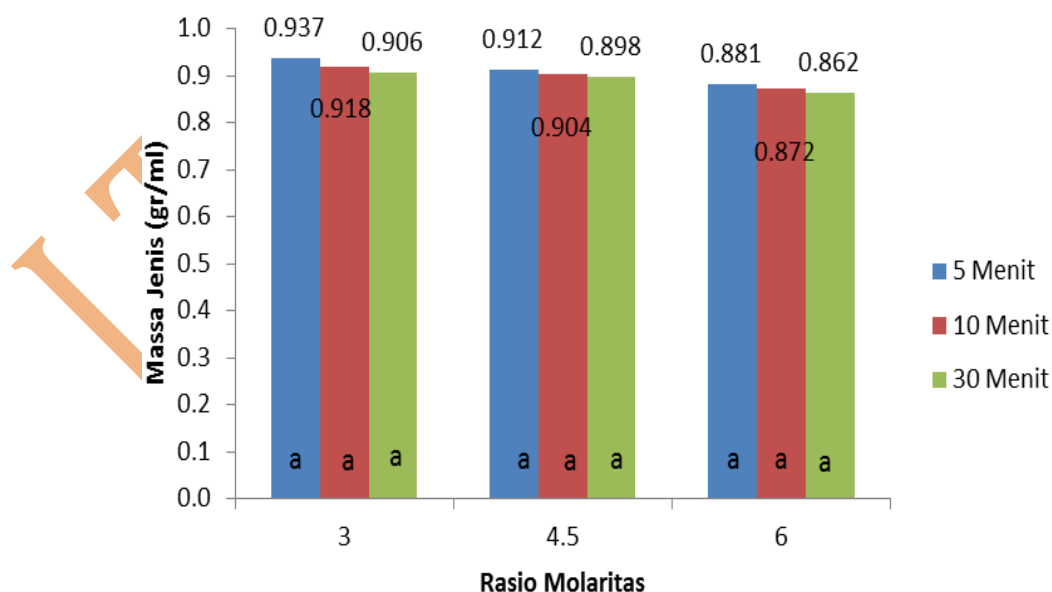
Masa jenis merupakan parameter penting lain yang dapat menunjukkan keberhasilan reaksi transesterifikasi. Pada hasil analisis diatas massa jenis terbesar dicapai dengan rasio molar 3 : 1 dan waktu reaksi 5 menit sebesar 0,94 g/ml. Sementara masa jenis terkecil yaitu 0,86 g/ml diperoleh dari rasio molar 6:1 dan waktu reaksi 30 menittelah memenuhi standar SNI (0,85 – 0,89 g/cm³). Proses produksi biodiesel secara konvensional dengan rasio molar 6 : 1 dengan waktu reaksi 30 menit menghasilkan nilai massa jenis sebesar 0,85 g/ml (Sinaga, 2013).

Jika biodiesel yang dihasilkan memiliki massa jenis yang lebih besar maka ada indikasi bahwa reaksi yang tidak sempurna pada konversi minyak. Biodiesel dengan mutu yang tidak sesuai dengan standar seharusnya tidak digunakan untuk mesin diesel karena akan meningkatkan keausan mesin, emisi, dan menyebabkan kerusakan pada mesin (Satriana, 2012).

Dari perhitungan statistika yang telah dilakukan didapat kesimpulan bahwa hasil analisis massa jenis pada masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata. Maka dari itu rasio molar dan waktu reaksi tidak berpengaruh terhadap nilai massa jenis biodiesel yang dihasilkan. Nilai massa jenis dipengaruhi oleh penurunan kadar FFA ditandai dengan degradasi rantai karbon dari asam lemak menjadi lebih pendek akibat bereaksi dengan metanol dalam proses transesterifikasi sehingga secara tidak langsung penurunan kadar FFA dapat menurunkan nilai massa jenis biodiesel yang dihasilkan (Ratno dkk., 2013).

3.4 Bilangan Asam

Nilai bilangan asam merupakan salah satu indikator mutu pada biodiesel. Hal ini disebabkan peningkatan bilangan asam

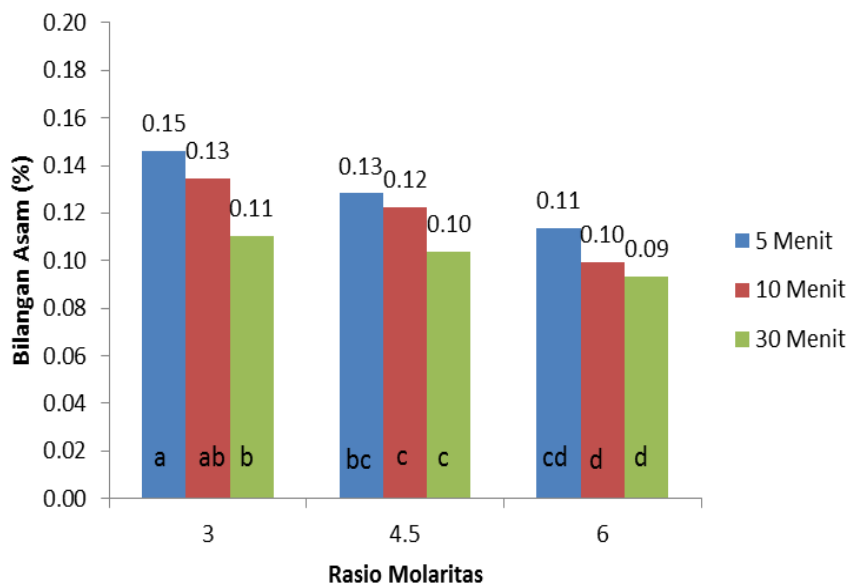


Gambar 4. Grafik hubungan antara waktu reaksi dan rasio molar terhadap rendemen biodiesel (angka/bar yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%)

seperti halnya peningkatan viskositas dan bilangan peroksida adalah hasil aktifitas oksidasi pada biodiesel. Dari perhitungan statistika didapat kesimpulan bahwa hasil analisis bilangan asam biodiesel pada masing-masing perlakuan berbeda nyata. Pada rasio molar 3 : 1 dan waktu reaksi 5 menit sangat berbeda nyata dengan rasio molar 6 : 1 dan tidak berbeda sangat nyata pada rasio molar 4,5 : 1. Dengan begitu, rasio molar dan waktu reaksi sangat berpengaruh terhadap kualitas rendemen yang dihasilkan. Bilangan asam terbaik didapat pada rasio molar 6 : 1 dan waktu reaksi 30 menit yaitu 0,09%. Nilai bilangan asam biodiesel yang tinggi menunjukkan terjadinya kerusakan atau penurunan mutu

menurunkan viskositas minyak nabati sehingga memenuhi standar bahan bakar diesel (Sumangat, 2008).

Dari perhitungan statistika yang telah dilakukan didapat kesimpulan bahwa hasil analisis pada masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata. Tingginya nilai viskositas pada perlakuan rasio molar 3 : 1 dan waktu reaksi 5 menit yaitu sebesar 8,07 cSt menandakan reaksi pembentukan biodiesel tidak berjalan dengan baik. Jika reaksi tidak berjalan dengan baik, maka akan terdapat banyak trigliserida yang tidak diubah menjadi biodiesel. Keadaan ini berdampak pada tingginya nilai viskositas, karena trigliserida lebih kental dari biodiesel. Oleh



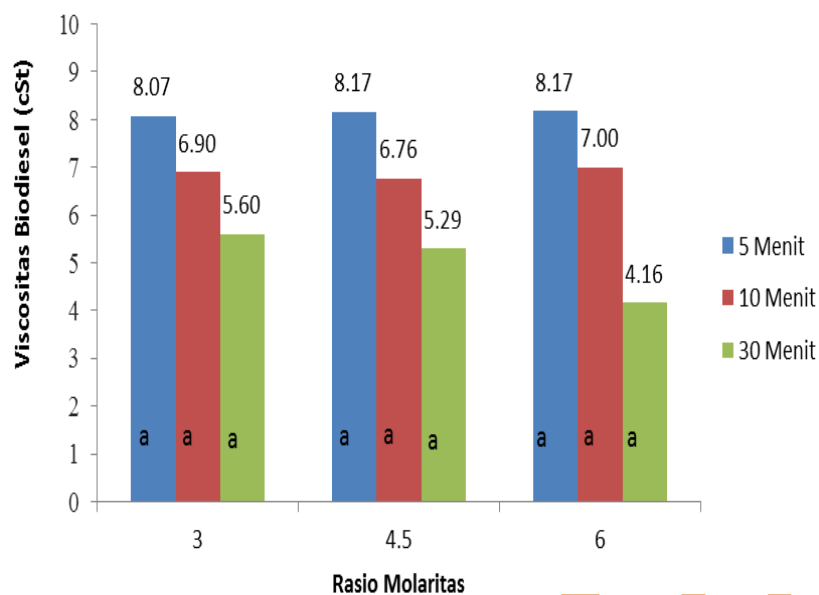
Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu reaksi dan rasio molar terhadap bilangan asam biodiesel (angka/bar yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%)

biodiesel akibat terjadinya oksidasi. Semakin tinggi bilangan asam suatu minyak menunjukkan bahwa minyak tersebut telah mengalami kerusakan dimana trigliserida minyak terdegradasi membentuk asam lemak bebas.

3.5 Viskositas Biodiesel

Viskositas menjadi parameter utama dalam penentuan mutu biodiesel, karena memiliki pengaruh besar terhadap efektivitas biodiesel sebagai bahan bakar. Salah satu tujuan utama transesterifikasi adalah

karena itu, viskositas dapat mengindikasikan kesempurnaan reaksi transesterifikasi. Pada dasarnya penggunaan metanol berlebih untuk memicu jalannya reaksi pembentukan biodiesel. Secara stoikiometri jumlah mol metanol yang dibutuhkan adalah tiga kali jumlah mol minyak atau rasio molar metanol 3 : 1. Jumlah metanol ditingkatkan untuk mempengaruhi kesetimbangan sehingga reaksi bergeser ke arah pembentukan produk. Untuk menjamin keberhasilan reaksi, maka jumlah rasio molar metanol biasanya ditingkatkan sampai 6 : 1. Hal ini



Gambar 4. Grafik hubungan antara waktu reaksi dan rasio molar terhadap viskositas biodiesel (angka/bar yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%)

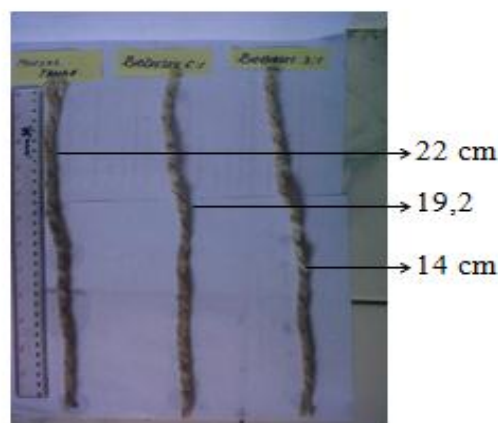
dibuktikan pada data rasio molar 6 : 1 dan waktu 30 menit yaitu sebesar 4,16 cSt.

3.6 Uji Nyala dan Kapilaritas Biodiesel

Pada penelitian ini nilai bilangan asam biodiesel yang diperoleh tidak memenuhi standar SNI untuk bahan bakar pengganti solar. Selain itu, sebagai alternatif lain biodiesel yang diperoleh digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah pada kompor atau lampu minyak tanah. Untuk itu dilakukan uji nyala dan kapilaritas biodiesel (Gambar 7) dengan menggunakan lampu minyak tanah. Biodiesel yang pada rasio

molar 6 : 1 dan waktu reaksi 30 menit menghasilkan nyala api yang berwarna orange dan sedikit menghasilkan asap.

Daya serap minyak tanah pada sumbu kompor adalah 22 cm sedangkan daya serap biodiesel pada sumbu kompor yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi pada rasio molar 3:1 dan waktu 5 menit adalah 14 cm. sementara untuk rasio molar 6 : 1 dan waktu reaksi 30 menit adalah 19,2 cm. Jarak antara dasar kompor dengan permukaan sumbu pada kompor merk Hock adalah 14 cm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa biodiesel ini berpotensi sebagai



Gambar 5. Uji nyala dan kapilaritas biodiesel dengan lampu minyak tanah

bahan bakar pengganti minyak tanah pada kompor tanpa memodifikasi kompor tersebut.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Reaksi transesterifikasi biodiesel dengan bantuan gelombang ultrasonik dapat mengurangi pengadukan dan pemanasan pada proses produksi biodiesel.
2. Proses transesterifikasi dengan menggunakan gelombang ultasonik dengan metanol teknis dapat menghasilkan biodiesel dengan karakteristik viskositas dan massa jenis sesuai standar SNI.
3. Kombinasi rasio molar 6 : 1 dan waktu raksi 30 menit menghasilkan nilai rendemen biodiesel sebesar 70,67%, massa jenis sebesar 0,86 gram/ml, bilangan asam sebesar 0,09%, dan viskositas sebesar 4,16 cSt.
4. Biodiesel ini berpotensi dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah pada kompor tanpa memodifikasi kompor tersebut, karena daya serap sumbu kompor pada biodiesel dengan rasio molar 3 : 1 dan waktu 5 menit adalah 14 cm.

4.2. Saran

Perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap parameter-parameter yang lainnya untuk mengukur nilai bakar biodiesel, agar diketahui karakteristik biodiesel secara lengkap

DAFTAR PUSTAKA

- Bueche .1986. Principles of Phisics, John Wiley and Sons. Mac Graw Hill.
- Deshmane, V. G., Gogate, P. R., dan Pandit, A. B. 2009. Ultrasound-Assisted Synthesis of Biodiesel from Palm Fatty Acid Distilate, Ind. Eng. Chem. Res. 48, 7923-7927.
- Freedman, B., Pryde.E.H., and Mounts. T. L. 1984. Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils. *JAOCs*. Vol 61. No 10. Hlm 1638-1639
- Goto, S. 2008. Asia Current Status of Biodiesel Fuel in East-Asian Countries, in Kimura, S. (ed.). *Analysis on Energy Saving Potential in East Asia Region in Standardization of Biodiesel Fuel for Vehicles in East. ERIA Research Project Report 2007*. 6 – 2. 58 hlm
- Hanif. 2009. Analisis Sifat Fisik dan Kimia Minyak Jelantah sebagai Bahan Bakar Alternatif Motor Diesel. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol 6 (2). Hlm 92-96
- Hendee, W.R., and Ritenour, E.R. 2002. *Medical Imaging Physics*, 4thEd., Wiley-Liss, Inc.
- Kheang, L. S. 1996. Recovery and Conversion Of Palm Olein Derived Used Frying Oli to Methyl Ester For Biodiesel. *Jurnal of Oil Palm Research*. Vol.18. 247-252
- Mahamuni, N. N., dan Adewuyi, Y. G. 2009. *Optimization of the Synthesis of Biodiesel via Ultrasound-Enhanced Base-Catalyzed Transesterification of Soybean Oil Using a Multifrequency Ultrasonic Reactor, Energy & Fuels*. Hal 2757-2766.
- Putri, S.K., Supranto, dan Sudiyo, R. 2012. Studi Proses Pembuatan Biodiesel

- dari Minyak Kelapa (*Coconut Oil*) dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol. 6, (1). Hlm 147 – 153.
- Ratno, L.J. Mawarani., dan Zulkifli. 2013. Pengaruh Ampas Tebu sebagai *Adsorbent* pada proses *Pretreatment* minyak jelantah terhadap Karakteristik Biodiesel. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 2 (2). 257– 261
- Resnick and Halliday (1992), *Fundamental of Phisic*, John Wiley and Sons, Mac Graw Hill.
- Santos, H. M., Lodeiro. C., and Capelo-martinez J-L. 2009. The Power of Ultrasound. In: *Ultrasound In Chemistry: Analitical Applications* (Editor J-L. Capelo-Martinez). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, pp. 1-16
- Satriana, N. E. Husna, Desrina dan M. D.Supardan. 2012. Karakteristik Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Jelantah Menggunakan Teknik Kavitasi Hidrodinamik. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia Vol.4(2)*.
- Sinaga, S.V. 2013. Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi pada Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. Draft Skripsi. Bandar Lampung. Universitas Lampung
- Sumangat, D dan Hidayat, T. 2008. Karakteristik Metil Ester Minyak Jarak Pagar Hasil Proses Transesterifikasi Satu dan Dua Tahap. *Jurnal Pascapanen*. Vol 5 (2). Bogor. Hlm 18-26
- Ummy, R. A. 2008. Kajian ProsesProduksi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Katalis Abu Tandan.*Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. 71 hlm
- Xia, H., Q. Wang., Y. Liao., X. Xu., S.M. Baxter., R.V. Slone., S. Wu., G. Swift, and D.G. Westmoreland. 2002. Polymerization rate and mechanism of ultrasonically initiated emulsion polymerization of n-butyl acrylate. *Ultrasonic Sonochemistry*. Vol 9: 151-158