

Penambahan Metanol pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis Abu Gosok

The Addition of Methanol in Making Biodiesel from Waste Cooking Oil with Ash Catalyst

Rizky Zulhardi¹, Fajar Restuhadi², Yelmira Zalfiatri²

¹Mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

²Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

Email korespondensi: rizkyzulhardii@gmail.com

ABSTRAK

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang terbuat dari minyak nabati atau lemak hewan yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar solar. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh penambahan metanol terhadap biodiesel dari minyak goreng jelantah. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan yaitu M1 (metanol 65 ml), M2 (metanol 75 ml), M3 (metanol 85 ml) dan M4 (metanol 95 ml) dengan empat ulangan. Data dianalisis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan *duncan's new multiple range test* (DNMRT) pada taraf 5%. Perlakuan terbaik adalah M4 dengan jumlah asam 0,42 mg KOH/g, kadar gliserol total 0,08%, viskositas kinematik 26,35 cSt, kadar air 0,01%, titik nyala 227°C, bilangan penyabunan 123,46 mg KOH/g dan kadar metil ester 99,4%.

Kata Kunci: Biodiesel, minyak jelantah, metanol, katalis abu gosok

ABSTRACT

Biodiesel is an alternative fuel made from vegetable oil or animal fat that can be used as a substitute for diesel fuel. The purpose of the research was to see the effect of methanol addition on biodiesel from used waste cooking oil. The research used a completely randomized design with four treatments which were M1 (methanol 65 ml), M2 (methanol 75 ml), M3 (methanol 85 ml) and M4 (methanol 95 ml) with four replications. The data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) and continued with *duncan's new multiple range test* (DNMRT) at 5% level. The best treatment was M4 with acid number of 0.42 mg KOH/g, total glycerol content of 0.08%, kinematic viscosity of 26.35 cSt, water content of 0.01%, flash point of 227°C, saponification number of 123.46 mg KOH/g and levels of methyl ester 99.4%.

Keywords: Biodiesel, waste cooking oil, methanol, ash catalyst

1. Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau

2. Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan bahan bakar minyak dalam negeri sangat meningkat seiring dengan peningkatan pembangunan dalam negeri. Akan tetapi, ketersediaan minyak bumi ini sangat terbatas sehingga memicu adanya peningkatan harga bahan bakar minyak. Salah satu alternatif bahan bakar cair yang dapat menggantikan minyak bumi adalah minyak nabati, karena jumlahnya yang melimpah dan sifatnya *renewable*.

Salah satu minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel adalah minyak goreng kelapa sawit. Minyak goreng merupakan kebutuhan masyarakat yang saat ini harganya masih cukup mahal, akibatnya minyak goreng digunakan berulang-ulang untuk menggoreng. Hampir semua minyak goreng murni mengandung 98% trigliserida, 2% komponen nontrigliserida, 0,5% digliserida, 0,1% asam lemak bebas, 0,3% sterol, 0,1% tokoferol dan fosfolipid serta sejumlah komponen zat warna dalam jumlah hanya beberapa ppm (Ketaren, 2008). Penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel menjadi dimungkinkan karena keberadaannya melimpah dan tidak dimanfaatkan.

Proses pembuatan biodiesel membutuhkan katalis. Katalis yang biasa digunakan pada pembuatan metil ester adalah katalis homogen seperti KOH, NaOH dan H₂SO₄. Penggunaan katalis homogen berbahan kimia memiliki kelemahan yaitu bersifat korosif, beracun dan sulitnya pemisahan produk akhir (Nurdini, 2008). Keuntungan penggunaan katalis heterogen yaitu

mudah dipisahkan dari produk akhir karena tidak larut dalam media reaksi. Salah satu katalis heterogen berbahan alami yang dapat digunakan adalah abu gosok. Abu gosok mengandung K₂O 1,06% dan Na₂O 0,77% yang berpotensi sebagai pengganti katalis dalam proses pembuatan biodiesel.

Pada proses pembuatan biodiesel tidak hanya membutuhkan katalis, tetapi juga dibutuhkan alkohol sebagai reaktan. Prihandana *et al.* (2006) menyatakan proses pembuatan biodiesel membutuhkan alkohol (metanol). Metanol dipilih karena merupakan turunan alkohol yang memiliki berat molekul paling rendah sehingga kebutuhannya untuk proses alkoholis relatif sedikit, lebih murah dan lebih stabil. Selain itu, metanol memiliki daya reaktivitas yang tinggi.

Proses produksi biodiesel dapat dilakukan dengan cara transesterifikasi minyak goreng bekas. Secara teoritis reaksi transesterifikasi membutuhkan rasio substrat metanol dengan minyak sebesar 3:1, akan tetapi reaksi tersebut membutuhkan lebih dari 3 mol metanol untuk menghasilkan rendemen metil ester (biodiesel) yang maksimum. Berdasarkan hal tersebut maka telah dilakukan penelitian dengan judul **Penambahan Metanol pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis Abu Gosok**.

Penelitian ini bertujuan untuk untuk mendapatkan perlakuan terbaik dengan penambahan larutan metanol ke dalam minyak jelantah dan untuk mendapatkan kualitas dan kuantitas biodiesel yang sesuai dengan SNI 04-7182-2006.

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

METODOLOGI

Tempat dan Waktu

Penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian, Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Fakultas Pertanian dan Laboratorium Sains dan Material Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau berlangsung selama enam bulan yaitu dari bulan Maret hingga September 2017.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak jelantah, metanol, abu gosok dan bahan kimia yang digunakan adalah KOH 0,1 N, KOH 0,5 N, indikator phenolphthalein (pp), HCl 0,5 N, NaOH 0,1 N, kloroform (CHCl_3), asam asetat glasial ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$), larutan kalium iodida (KI) 15%, asam periodat, Na-tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,01 N, Na-tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 N, alkohol netral, kertas saring dan akuades.

Alat-alat yang digunakan adalah labu leher tiga 500 ml, termometer, kondensor, magnetik 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, spatula, stopwatch, kamera dan alat tulis.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dan empat kali

ulangan sehingga diperoleh 16 unit percobaan, yaitu M_1 = Penambahan metanol 65 ml, M_2 = Penambahan metanol 75 ml, M_3 = Penambahan metanol 85 ml, M_4 = Penambahan metanol 95 ml.

Pelaksanaan Penelitian

Secara garis besar, proses pembuatan biodiesel terdiri dari tiga tahap, yaitu pengujian kadar asam lemak bebas, pembuatan larutan metanol-katalis dan pembuatan biodiesel.

Pengujian Kadar Asam Lemak Bebas

Pengujian kadar asam lemak bebas minyak jelantah mengacu kepada Sudarmadji *et al.* (1984). Minyak yang akan diproses secara transesterifikasi menggunakan katalis basa, hendaknya memiliki kadar asam lemak bebas (%FFA) sekitar 1-2%. 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 0,1 N sampai merah jambu dan tidak hilang selama 15 detik.

Pembuatan Larutan Metanol-Katalis

Prosedur pembuatan katalis mengacu pada Nurdini (2008). Pembuatan larutan metanol-katalis dengan cara mengaktivasi abu gosok selama 15 menit menggunakan oven dengan suhu 100°C . Abu gosok ditimbang kemudian dilarutkan di dalam erlenmeyer menggunakan metanol sesuai dengan perlakuan

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

Pembuatan Biodiesel

Prosedur pembuatan biodiesel mengacu pada Nurdini (2008). Minyak jelantah sebanyak 150 ml ditransesterifikasi menggunakan beberapa konsentrasi larutan metanol-katalis sebagai perlakuan. Reaksi transesterifikasi dilakukan pada labu leher tiga yang dilengkapi dengan termometer, kondensor dan pengaduk pada suhu 60-70°C dengan waktu reaksi selama 1 jam 30 menit.

Campuran metil ester yang terbentuk dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer. Campuran metil ester dibiarkan selama 24 jam sehingga terbentuk 2 lapisan yaitu lapisan gliserol (di bagian bawah) dan lapisan metil ester (di bagian atas). Lapisan gliserol dan lapisan metil ester kemudian dipisahkan menggunakan corong pemisah. Metil ester selanjutnya dipanaskan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 30 menit untuk menurunkan kadar air.

Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah bilangan asam, bilangan penyabunan, viskositas kinematik, kadar air, titik nyala, kadar metil ester dan kadar gliserol.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA). Jika F hitung lebih besar atau sama dengan F tabel maka selanjutnya dengan uji *duncan's new multiple range test* (DNMRT) pada taraf 5%.

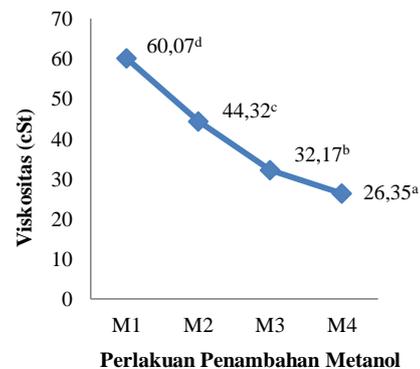
HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik merupakan salah satu parameter utama dalam penentuan mutu metil ester, karena memiliki pengaruh yang besar terhadap efektifitas metil ester sebagai bahan bakar. Analisis viskositas kinematik dilakukan dengan menggunakan viskometer dengan kecepatan 10 rpm dan menggunakan spindle 3.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan metanol pada pembuatan biodiesel memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai viskositas kinematik biodiesel (Lampiran 5). Rata-rata nilai viskositas kinematik biodiesel dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan antara penambahan metanol dan viskositas kinematik pada biodiesel

Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai viskositas kinematik yang paling tinggi terdapat pada perlakuan M1 dengan penambahan metanol 65 ml sedangkan nilai viskositas kinematik yang paling rendah terdapat pada perlakuan M4 dengan penambahan metanol 95 ml. Viskositas kinematik biodiesel mengalami penurunan pada setiap

perlakuannya. Hal ini diduga adanya pemecahan molekul trigliserida oleh metanol yang dapat menurunkan viskositas biodiesel. Sehingga semakin banyak penambahan metanol dengan minyak jelantah maka semakin rendah nilai viskositas yang diperoleh.

Menurut Anggraini (2007), viskositas kinematik biodiesel dipengaruhi oleh panjang rantai asam lemak, komposisi asam lemak, posisi dan jumlah ikatan rangkap dan jenis alkohol yang digunakan. Semakin panjang rantai asam lemak dan alkohol dalam ester atau hidrokarbon alifatik, maka semakin tinggi viskositasnya. Ketaren (2008) menyatakan bahwa pada dasarnya proses transesterifikasi bertujuan untuk memecah dan menghilangkan gliserida serta menurunkan viskositas minyak karena dalam reaksi transesterifikasi, trigliserida dikonversi secara bertahap menjadi gliserida, monogliserida dan akhirnya menjadi gliserol. Adanya pemecahan molekul trigliserida dapat menurunkan viskositas biodiesel yang dihasilkan.

Viskositas yang bervariasi disebabkan karena metanol dapat melarutkan minyak sehingga dengan kelarutannya tersebut dapat menurunkan kekentalan pada minyak. Selain itu karena semakin lama waktu reaksi maka dapat semakin mengaktifkan ikatan karbon dalam minyak yang menyebabkan turunnya titik didih biodiesel pada proses metanolisis sehingga viskositas tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Laksono (2003) yang menyatakan viskositas biodiesel tinggi karena adanya ikatan hidrogen intermolekular dalam asam di luar gugus karboksil.

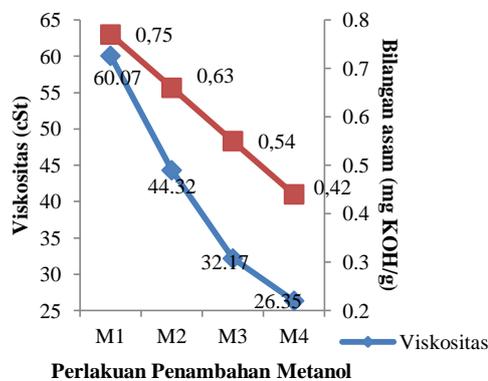
1. Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
2. Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

Sementara itu penelitian yg telah dilakukan Saputri (2016) menghasilkan kandungan nilai viskositas kinematik sebesar 47,94cSt juga belum memenuhi standar SNI biodiesel. Viskositas kinematik biodiesel yang dihasilkan mengalami peningkatan pada setiap perlakuannya. Hal ini disebabkan oleh reaksi transesterifikasi yang belum berjalan sempurna. Astuti (2008) menyatakan bahwa jika reaksi transesterifikasi belum sempurna, maka masih terdapat trigliserida yang belum terkonversi menjadi metil ester. Hal ini yang menyebabkan metil ester yang dihasilkan memiliki nilai viskositas tinggi, karena nilai viskositas trigliserida lebih tinggi dibandingkan metil ester.

Tingginya nilai viskositas kinematik pada biodiesel diduga karena analisis yang telah dilakukan berbeda dengan analisis yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Nurdini (2008) menggunakan viskometer otswald dan pada saat dianalisis viskometer otswald dicelupkan kedalam air dengan suhu 40°C. Sementara itu pada penelitian ini pengukuran viskositas kinematik menggunakan viskometer dan suhu biodiesel tidak dinaikkan.

Djenar dan Lintang (2012) menyatakan bahwa viskositas erat hubungannya dengan komposisi asam lemak bebas minyak, nilainya akan meningkat dengan bertambahnya panjang rantai asam lemak maupun gugus alkohol. Sementara itu Kusumaningsih *et al.* (2006) menyatakan bahwa asam lemak yang masih terkandung dalam metil ester akan berpengaruh terhadap tingginya viskositas produk

transesterifikasi. Hal ini sesuai dengan analisis yang telah dilakukan yaitu semakin rendah nilai viskositas biodiesel maka semakin rendah juga nilai kadar bilangan asam yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan antara nilai viskositas kinematik dan nilai bilangan asam pada biodiesel

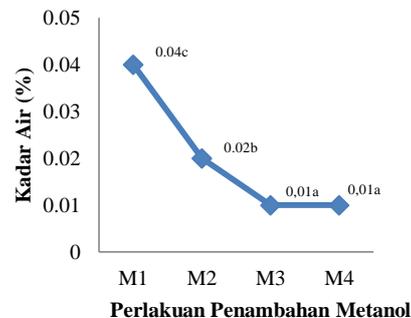
Viskositas kinematik menurut SNI biodiesel adalah sebesar 2,3-6,0 cSt. Hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai viskositas kinematik berkisar antara 26,35-60,07 cSt. Nilai ini belum memenuhi standar SNI biodiesel. Menurut Hamid dan Yusuf (2002) viskositas yang sedikit lebih tinggi akan menambah tingkat pelumasan terhadap pompa injeksi dan komponen mesin lainnya yang bergesekan dengan pompa injeksi bahan bakar. Widyastuti (2007) menyatakan bahwa bahan bakar yang memiliki viskositas rendah akan memberikan pelumasan yang buruk, hal ini juga dapat menyebabkan *spray* yang dihasilkan sangat halus dan tidak dapat masuk ke dalam silinder pembakaran, akibatnya terbentuk *fuel rich zone* yang mengakibatkan jelaga.

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

Kadar Air

Kadar air menunjukkan persentase air yang terkandung dalam bahan bakar. Kadar air merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas minyak biodiesel dimana kadar air yang tinggi memungkinkan terjadinya reaksi hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas dan gliserol (Murniasih, 2009). Analisis kadar air dilakukan sampai diperoleh berat konstan pada saat penguapan air menggunakan oven.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan metanol pada pembuatan biodiesel memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai kadar air biodiesel (Lampiran 6). Rata-rata nilai massa jenis biodiesel dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan antara penambahan metanol dan nilai kadar air pada biodiesel

Gambar 9 menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai kadar air dengan semakin banyak penambahan metanol pada pembuatan biodiesel. Nilai kadar air tertinggi pada biodiesel terdapat pada perlakuan M1 dengan penambahan metanol sebesar 65 ml sedangkan nilai bilangan asam terendah terdapat pada perlakuan M4 dengan penambahan metanol 95 ml. Hal ini disebabkan sebelum

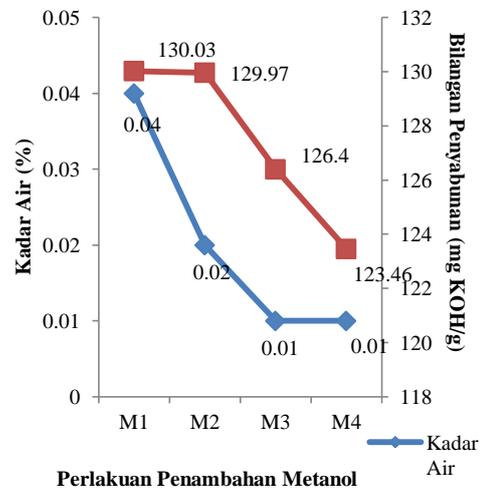
dilakukan reaksi transesterifikasi, minyak jelantah dipanaskan pada suhu 100°C untuk mengurangi kadar air. Sehingga pada saat reaksi transesterifikasi metanol akan mudah menggantikan trigliserida dan reaksi akan berjalan sempurna.

Menurut Pawoko (2009), jumlah alkohol yang cukup banyak sangat membantu reaksi transesterifikasi karena metanol akan mendorong reaksi ke arah kanan produk. Reaksi penukaran antara molekul metanol dan asam lemak merupakan proses yang sangat lambat dan sangat menentukan kesempurnaan proses reaksi keseluruhan. Jumlah metanol yang memadai sangat membantu kesempurnaan reaksi (Yusuf, 2010).

Syamsidar (2013) menyatakan bahwa semakin kecil kadar air dalam minyak maka mutunya akan semakin baik pula karena akan memperkecil terjadinya hidrolisis yang dapat menyebabkan kenaikan kadar asam lemak bebas. Kadar air biodiesel selain dipengaruhi oleh banyaknya kadar air pada bahan baku juga dipengaruhi oleh banyaknya bilangan asam dan bilangan penyabunan yang ada pada biodiesel. Air yang ada mampu menghidrolisis trigliserida menjadi digliserida dan akhirnya terbentuk asam lemak bebas. Air yang ada pada biodiesel dapat dihilangkan dengan proses pemanasan menggunakan oven untuk meminimalkan kadar air pada biodiesel.

Kadar air biodiesel dipengaruhi oleh banyaknya nilai bilangan penyabunan yang ada pada biodiesel. Menurut Abdullah *et al.* (2010), nilai bilangan penyabunan akan membentuk emulsi metil ester dan air oleh sabun sehingga kadar air yang ada pada biodiesel menjadi

besar. Nilai kadar air berbanding lurus dengan nilai bilangan penyabunan biodiesel. Hubungan antara nilai kadar air dan bilangan penyabunan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik hubungan antara kadar air dan bilangan penyabunan pada biodiesel

Hambali *et al.* (2007) kadar air biodiesel mempengaruhi penyimpanan biodiesel dan juga proses pencampuran dengan solar karena sifatnya yang higroskopis. Kadar air biodiesel yang tinggi dapat menyebabkan mikroba mudah tumbuh, sehingga mengotori biodiesel, korosi pada mesin, dan pada suhu rendah menyebabkan pemisahan biodiesel murni maupun *blending*. Selain itu adanya air dalam biodiesel dalam jangka waktu yang lama akan meningkatkan kadar bilangan asam.

Menurut SNI biodiesel kandungan nilai kadar air maksimal adalah sebesar 0,05%. Hasil analisa menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan memenuhi Standar Nasional Indonesia untuk nilai kadar

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

air yaitu sebesar 0,01-0,04%. Yusuf (2010) menyatakan bahwa kandungan air yang rendah dalam minyak tentu sangat menguntungkan, karena air merupakan senyawa yang berperan dalam reaksi kerusakan minyak akibat hidrolisis, sehingga dengan kadar air yang rendah diharapkan reaksi hidrolisis berjalan lambat.

Ketaren (2008) menyatakan bahwa tingginya kadar air dalam minyak kurang baik karena dapat menyebabkan reaksi hidrolisis yang mengakibatkan kerusakan pada biodiesel. Hal ini disebabkan dihasilkannya asam lemak bebas dalam reaksi hidrolisis. Semakin besar kadar air dalam biodiesel, maka biodiesel makin rentan mengalami kerusakan dan dapat menyebabkan pembentukan deposit pada injector *nozzle*, piston dan katup pada mesin. Kadar air yang didapatkan dari penelitian ini telah sesuai dengan standar SNI biodiesel pada perlakuan M4 sebesar 0,01%. Sementara itu penelitian yang telah dilakukan Saputri (2016) terjadi peningkatan nilai kadar air hingga 0,06% hal ini seiring dengan banyaknya penambahan katalis abu gosok.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan metanol memberikan pengaruh yang nyata ($P \leq 0,05$) terhadap nilai bilangan asam, kadar gliserol total, viskositas, titik nyala, bilangan penyabunan, kadar air dan metil ester.
2. Perlakuan terbaik yang diperoleh pada penelitian ini adalah

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

perlakuan M4 dengan penambahan metanol sebanyak 95 ml dengan karakteristik kadar metil ester sebesar 99,4%, kadar gliserol total 0,08%, titik nyala sebesar 227°C, kadar air biodiesel 0,12%, bilangan penyabunan 123,46 mg KOH/g dan bilangan asam sebesar 0,42 mg KOH/g telah memenuhi standar SNI biodiesel dan analisis viskositas kinematik belum memenuhi standar SNI biodiesel yaitu sebesar 26,35 cSt.

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*. 4(1): 79-89.
- Anggraini, A. 2007. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Antioksidan terhadap Ketahanan Oksidasi Biodiesel dari Jarak Pagar. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Astuti, E. 2008. Pengaruh konsentrasi katalisator dan rasio bahan terhadap kualitas biodiesel dari minyak kelapa. *Jurnal Rekayasa Proses*. 2(1): 5-10.
- Djenar, N. S dan N. Lintang. 2012. Esterifikasi minyak kemiri sunan (*Aleurites trisperma*) dalam pembuatan biodiesel.

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik. 14(3): 215-221.

- Fitriyana, L. A., Soepradjo dan S. Kadarwati. 2012. Produksi biodiesel dari dedak padi (*rice bran*) melalui dua tahap reaksi in-situ. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(2): 140-146.
- Hambali, E., S. Muzladifah., H. A. Tambunan., A. W. Pattiwiri dan R. Hendroko. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Hamid, T dan R. Yusuf. 2002. Preparasi karakteristik biodiesel dari minyak kelapa sawit. *Jurnal Teknologi*. 6(2): 60-65.
- Ketaren, S. 2008. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Kusumaningsih, T., Pranoto dan R. Saryoso. 2006. Pembuatan bahan bakar biodiesel dari minyak jarak pengaruh suhu dan konsentrasi KOH pada reaksi transesterifikasi berbasis katalis basa. *Jurnal Bioteknologi*. 3(1): 20-26.
- Laksono, T. 2003. Pengaruh Jenis Katalis NaOH dan KOH serta Rasio Lemak dengan Metanol terhadap Kualitas Biodiesel Berbahan Baku Lemak Sapi. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Peternakan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Murniasih, D. 2009. *Kajian Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung*. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nurdini, D. A. 2008. *Desain Proses Pembuatan Biodisel dari Bahan Baku Minyak Jelantah dengan Katalis Alami Abu Cocopeat*. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Pawoko, E. 2009. *Pengaruh Tahapan Proses Esterifikasi, Transesterifikasi dan Netralisasi Terhadap Karakteristik Biodiesel dari Biji Kesambi (Schleichera oleosa L.)*. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Prihandana, R., R. Hendroko dan M. Nuramin. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Saputri, M. 2016. *Pembuatan Biodiesel Metil Ester dari Minyak Jelantah dan Metanol dengan Katalis Abu Gosok*. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Pertanian. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Sudarmadji S., B. Haryono dan Suhardi. 1984. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty Press. Yogyakarta
1. Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
 2. Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

Syamsidar, H.S. 2013. Pembuatan dan uji kualitas biodiesel dari minyak jelantah. *Jurnal Teknosains*. 7(2): 209-218.

Widyastuti, L. 2007. Reaksi Metanolisis Minyak Jarak Pagar Menjadi Metil Ester sebagai Bahan Bakar Pengganti Minyak Diesel dengan Menggunakan Katalis KOH. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Yusuf M. F. M. 2010. Sintesis dan karakteristik biodiesel dari minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*) melalui proses estrans (esterifikasi dan transesterifikasi). Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

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