

PEMANFAATAN BENTONIT SEBAGAI PENYERAP AIR PADA PROSES TRANSESTERIFIKASI MINYAK JELANTAH MENJADI BIODIESEL**UTILIZATION OF BENTONIT AS WATER ABSORPTION IN TRANSESTERIFICATION PROCESS OF WASTE COOKING OIL TO BIODIESEL**

Andesta Yulanda, Lisna Wahyuni, Rahmi Safitri, Abu Bakar, Muhammad Dani Supardan

INFO ARTIKELSubmit: 20 April 2018
Perbaikan: 10 Juni 2018
Diterima: 18 Juni 2018**Keywords:**

Bentonite, waste cooking oil, biodiesel, transesterification.

ABSTRACT

Transesterification is one of process in production of biodiesel. Conventional transesterification method without adding adsorbent has deficiency in the yield and quality of biodiesel, therefore transesterification using adsorbent simultaneously is developed. The purpose of this research is to utilize bentonite as the adsorbent of water to increase yield of biodiesel in the waste cooking oil transesterification process. The first step to do in this research was bentonite crushing to the size of 100 to 120 mesh and then bentonite activation using sulfuric acid 98% at 80 °C. The result of SEM analysis showed that activated bentonite surface was smoother and more clean than bentonite without activation. Bentonite is used to transesterification process by varying mass of adsorbent (1, 2, 3, and 4 %-wt. of waste cooking oil) and water content (2, 3, 5, and 6 %-wt. of waste cooking oil). The result of this research showed that activated bentonite has better yield than without adsorbent and activation. The best result from this research is at adsorbent mass 3% and water content 2% with biodiesel yield 81%. The biodiesel produced have density of 865 kg/m³, viscosity of 2.90 mm²/s, acid number of 0.1675 mg KOH/gram and water content of 0.7%

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar terbarukan akan menjadi kebutuhan yang sulit dihindari di masa mendatang. Bahan bakar terbarukan khususnya bahan bakar nabati dapat menjadi substitusi dari energi berbasis minyak bumi yang makin berkurang ketersediaannya. Selain itu, penggunaan bahan bakar nabati dapat mengurangi tingkat polusi terhadap lingkungan. Salah satu bahan bakar nabati yang mulai banyak dikembangkan adalah biodiesel. Biodiesel memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan bahan bakar diesel berbasis minyak bumi diantaranya menghasilkan emisi gas buang

yang lebih rendah dalam hal *particulate matter*, *total hydrocarbon*, *carbon monoxide* dan hidrokarbon, serta dapat diperbaharui dan tidak beracun (Agarwal dan Das, 2001). Selain itu, pembakaran bahan bakar berbasis minyak nabati tidak berkontribusi menghasilkan CO₂ ke atmosfer karena bahan bakar tersebut terbuat dari bahan pertanian yang diproduksi melalui fiksasi karbon fotosintesis (Gashaw dan Teshita, 2014).

Saat ini, ketersediaan biodiesel masih relatif terbatas sehingga biodiesel masih sulit didapatkan. Hal ini disebabkan komersialisasi produksi biodiesel belum menjanjikan dari segi ekonomi karena penggunaan bahan baku yang berharga relatif mahal dan proses produksi yang masih belum efisien. Harga bahan baku berkontribusi sekitar 75% dari biaya produksi biodiesel secara keseluruhan (Wu *et al.*, 2016).

Pengembangan proses produksi biodiesel menggunakan bahan baku murah dan tidak bersaing dengan kebutuhan pokok manusia terus dilakukan. Minyak jelantah dapat menjadi

Andesta Yulanda*, Lisna Wahyuni, Rahmi Safitri, Abu Bakar, Muhammad Dani Supardan
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh
*Email: andestayulanda96@gmail.com

alternatif bahan baku yang murah dan mudah diperoleh. Penggunaan minyak jelantah diharapkan dapat menurunkan harga biodiesel yang dihasilkan (Kulkarni dan Dalai, 2006). Disamping itu, konversi minyak jelantah sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel merupakan upaya konversi limbah rumah tangga menjadi produk yang bernilai ekonomi dan akan mengurangi pencemaran lingkungan.

Secara komersial, biodiesel dihasilkan melalui proses transesterifikasi minyak nabati menggunakan katalis basa. Proses transesterifikasi secara konvensional masih memiliki kekurangan diantaranya biaya produksi dan konsumsi energi yang besar (Hidayati *et al.*, 2017). Selain itu, proses transesterifikasi juga sangat sensitif terhadap kandungan air bahan baku. Upaya intensifikasi proses produksi biodiesel yang menggunakan bahan murah terus dilakukan. Bahan baku murah umumnya memiliki kadar air tinggi sehingga diperlukan tahapan penghilangan air sebelum dilakukan proses *transesterifikasi*. Kombinasi metode transesterifikasi dan adsorpsi sudah mulai dikembangkan. Metode ini menggunakan adsorben tertentu untuk mengadsorpsi impuritas khususnya air yang terkandung dalam bahan baku minyak. Material adsorben yang memiliki kandungan silika tinggi biasanya digunakan dalam proses transesterifikasi biodiesel untuk mendapatkan sifat fisik maupun kimia biodiesel yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Keunggulan kombinasi metode transesterifikasi dan adsorpsi diantaranya yaitu memperpendek waktu operasi dalam proses transesterifikasi menjadi 60 menit, meningkatkan rendemen biodiesel, menghemat energi dan biaya operasional yang lebih kecil (Wu *et al.*, 2016).

Bentonit merupakan salah satu adsorben yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan. Bentonit adalah jenis adsorben dengan bahan struktural berlapis silikat. Komponen utama dari bentonit adalah *montmorillonite* yang memiliki ukuran partikel kecil, luas permukaan yang spesifik besar dan kapasitas adsorpsi air yang kuat (Lubis dan Sheilatina, 2013). Lubis (2007) memanfaatkan bentonit terpillar alumina dari bentonit alam sebagai katalis pada reaksi dehidrasi etanol, 1-propanol serta 2-propanol. Febriawan *et al.*, (2014) menggunakan bentonit teraktivasi asam sulfat pada proses transesterifikasi minyak biji karet menjadi biodiesel. Belum lama ini, Wu *et al.*, (2016) mengembangkan proses adsorpsi dan transesterifikasi secara simultan untuk produksi biodiesel dari minyak kedelai. Bentonit digunakan sebagai adsorben untuk mengambil air yang

terkandung dalam bahan baku. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan rendemen yang cukup signifikan bila dibandingkan proses tanpa menggunakan bentonit. Proses adsorpsi dan transesterifikasi secara simultan ini sangat prospektif dikembangkan lebih lanjut untuk mendapatkan proses produksi biodiesel menggunakan bahan baku murah yang lebih efisien.

2. MATERIAL DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi Bahan-bahan yang diperlukan yaitu minyak jelantah, bentonit, asam sulfat (H_2SO_4) 98%, aquadest, natrium hidroksida (NaOH), dan etanol 96%. Minyak jelantah yang digunakan berasal dari beberapa rumah makan, warung makanan ringan di tepi-tepi jalan di sekitaran kota Banda Aceh. Bentonit yang digunakan berasal dari Kuala Dua, Aceh Utara. Sedangkan alat utama yang digunakan adalah rangkaian alat reaksi berupa labu leher tiga yang dilengkapi dengan *hot plate*, kondensor dan *magnetic stirrer*.

Prosedur Penelitian

Aktivasi Bentonit

50 g bentonit dicampurkan dengan 300 mL asam sulfat 1,5 M. Kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 60 menit dengan kecepatan 80 rpm pada suhu 80 °C. Kemudian dilakukan pencucian dengan menggunakan aquades panas dan disaring dengan menggunakan kertas saring *whatman* untuk menetralkan pH hingga mencapai pH 6. Bentonit teraktivasi asam kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C hingga diperoleh berat konstan. Lalu bentonit yang sudah teraktivasi digerus dan diayak untuk mendapatkan ukuran bentonit 100 hingga 120 mesh.

Transesterifikasi Minyak Jelantah dan Adsorpsi Menggunakan Bentonit

Minyak jelantah yang diperoleh dari rumah makan dan warung makanan ringan dilakukan penyaringan terlebih dahulu, kemudian dilakukan homogenisasi dengan melakukan *mixing* menggunakan pemanas dan *magnetic stirrer*. Dalam tahap *mixing* dijaga suhu reaksi menggunakan termometer yang dicelupkan tandon reservoirnya dalam campuran minyak jelantah pada suhu 40 °C selama 10 menit. Selanjutnya, dilakukan proses transesterifikasi dengan cara mereaksikan minyak jelantah dengan alkohol 96% dengan rasio molar minyak terhadap

etanol 1 : 6. Selanjutnya ditambahkan katalis NaOH sebanyak 1% dari massa minyak jelantah dan terakhir ditambahkan bentonit sebagai adsorben air dan impuritis lainnya.

Proses transesterifikasi dilakukan di dalam labu leher tiga. Pada tahap awal dipanaskan minyak jelantah di dalam labu leher tiga, kemudian ditambahkan dengan etanol, selanjutnya ditambahkan NaOH yang sudah dilarutkan dan terakhir ditambahkan bentonit ke dalam labu leher tiga tersebut. Jumlah penambahan bentonit sesuai dengan variasi massa bentonit yaitu 1, 2, 3, dan 4% (berat terhadap massa minyak jelantah). Kadar air minyak jelantah divariasikan 2, 3, 5, dan 6% (berat terhadap massa minyak jelantah) dengan penambahan sejumlah air untuk melihat kemampuan bentonit sebagai adsorben dalam menyerap air dan impuritis *crude* biodiesel. Pada proses transesterifikasi, pengadukan dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 40 rpm dan suhu operasi dijaga pada suhu 60 °C selama 60 menit. *Crude* biodiesel hasil transesterifikasi kemudian dipisahkan antara minyak biodiesel dan gliserol dengan menggunakan corong pemisah selama 24 jam. Selanjutnya setelah dipisahkan, biodiesel dicuci dengan menggunakan air hangat. Biodiesel hasil pencucian dipanaskan pada suhu 105 °C dan disaring dengan menggunakan kertas saring. Hasil biodiesel menggunakan bentonit akan dibandingkan dengan biodiesel tanpa bentonit. Biodiesel akhir hasil sintesis ini kemudian dilakukan analisis (Wu *et al.*, 2016).

Karakterisasi Bentonit dan Analisis

Karakterisasi bentonit sebagai adsorben dilakukan dengan menggunakan analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM) *JEOL JSM-6369LA*. Analisis terhadap biodiesel yang dilakukan meliputi rendemen (*yield*), angka asam dengan menggunakan titrasi, massa jenis dengan menggunakan piknometer 25 mL, viskositas dengan menggunakan *viscometer Ostwald*, kadar air dengan menggunakan pemanasan oven pada suhu 110 °C, kadar etanol dan ester dengan menggunakan GC-MS Shimadzu QP 2010 plus.

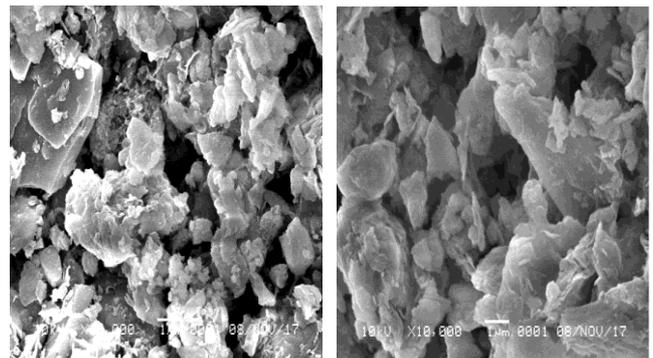
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi Adsorben Bentonit

Analisis dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk mengetahui permukaan bentonit dengan memperlihatkan permukaan bentonit teraktivasi dan tanpa aktivasi. Tujuan aktivasi dengan menggunakan asam melepaskan ion Al, Fe dan Mg dan impuritas

lainnya yang ada pada bentonit sehingga bentonit menjadi aktif dan memiliki pori yang lebih terbuka. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1 (a) merupakan bentonit non-aktivasi dilihat pada pembesaran 10.000 kali menunjukkan masih sangat banyak impuritis yang menempel pada permukaan bentonit, Sedangkan Gambar 1 (b) merupakan bentonit teraktivasi yang menunjukkan impuritis tersebut telah hilang sehingga, permukaan bentonit menjadi lebih bersih. Pori-pori pada bentonit teraktivasi lebih besar sehingga dapat melakukan adsorpsi yang lebih baik dibandingkan dengan bentonit non-aktivasi. Proses aktivasi dengan menggunakan asam mineral (HCl/H₂SO₄) menghasilkan bentonit yang lebih aktif, karena asam mineral telah bereaksi dengan komponen tar, garam Ca dan Mg yang menutupi pori-pori adsorben. Bentonit aktivasi memiliki keasaman yang tinggi, yang berkemampuan adsorpsi tinggi dibandingkan dengan bentonit tanpa aktivasi (Dewi dan Nurul, 2012).



(a)

(b)

Gambar 1. Hasil analisis SEM bentonit (a), bentonit non-aktivasi (b) bentonit teraktivasi

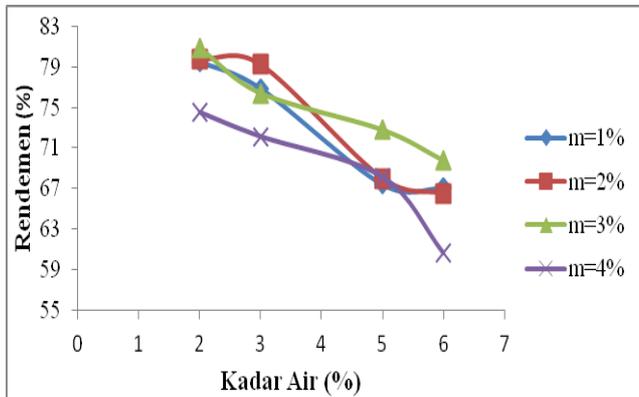
Pemanfaatan Bentonit sebagai Adsorben pada Proses Transesterifikasi

Rendemen, Massa Jenis, Angka Asam, Viskositas, Kadar Air Etanol dan Ester Biodiesel

Nilai rendemen ditentukan dengan cara membandingkan massa hasil akhir biodiesel dengan massa awal minyak jelantah sebelum proses adsorpsi menggunakan adsorben bentonit dalam proses transesterifikasi. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 2.

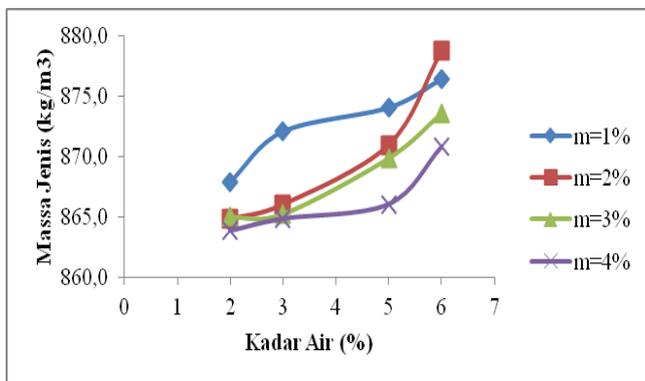
Gambar 2 menunjukkan perbedaan data rendemen berdasarkan variabel massa bentonit dan kadar air. Semakin banyak kadar air dengan massa bentonit sedikit maka penyerapan air oleh bentonit tidak secara keseluruhan, karena kemampuan bentonit yang sedikit tidak mampu menyerap kandungan air dengan jumlah yang besar pada proses *transesterifikasi* berlangsung. Air

yang tersisa bereaksi menjadi sabun sehingga randemen yang dihasilkan semakin sedikit, karena kandungan minyak telah terbentuk menjadi gliserol dan tidak terkonversi menjadi produk biodiesel. Sedangkan pada penambahan massa bentonit semakin banyak jumlah bentonit yang ditambahkan maka semakin banyak air dan impuritis yang diserap oleh bentonit.



Gambar 2. Pengaruh kadar air dan massa bentonit teraktivasi asam terhadap rendemen biodiesel

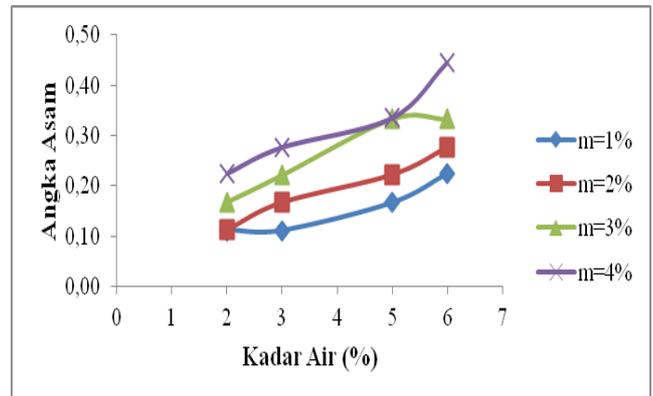
Hal ini dikarenakan kemampuan bentonit sebagai adsorben dalam menyerap kadar air dan seluruh impuritis yang ada di dalam *crude* biodiesel menjadi biodiesel. Pada penambahan bentonit 1% - 3% peningkatan jumlah *fatty acid methyl ester* (FAME) atau *yield* biodiesel semakin besar, tetapi pada massa 4% FAME yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini dikarenakan pada proses transesterifikasi, bentonit sudah menyerap air dan impuritis. Selanjutnya pada proses pemisahan, bentonit hanya menyerap FAME, sabun dan gliserol yang terbentuk pada akhir (Wu *et al.*, 2016). Rendemen tertinggi terletak pada kadar air 2% dan pemberian massa bentonit 3% sebesar 81%.



Gambar 3. Pengaruh kadar air dan massa bentonit teraktivasi asam dalam bahan terhadap massa jenis biodiesel.

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa massa jenis yang dihasilkan pada semua produk

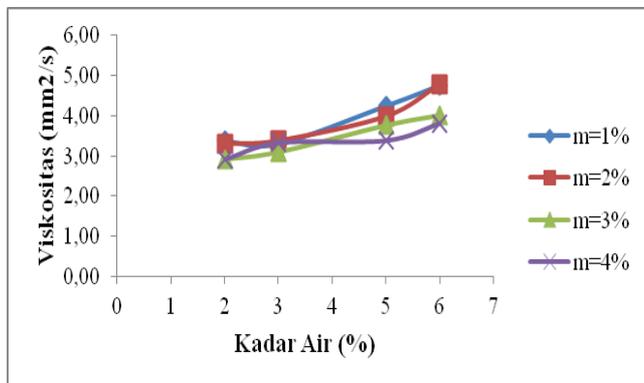
biodiesel masuk ke dalam range SNI biodiesel yang telah ditetapkan yaitu 850-890 kg/m³. Semakin rendah massa jenis menunjukkan semakin bagus kualitas biodiesel. Semakin banyak kadar air maka massa jenis yang dihasilkan semakin besar sedangkan pada penambahan massa, semakin banyak massa bentonit semakin banyak zat pengotor yang diserap massa jenis yang dihasilkan semakin kecil. Penurunan nilai massa jenis tersebut, disebabkan adsorben bentonit yang telah menyerap sisa impuritis seperti air, sisa etanol, sisa gliserol dan sisa katalis. Massa jenis pada biodiesel berkaitan dengan daya dan kalor pada pemakaian mesin diesel per satuan volume bahan bakar (Atmoko *et al.*, 2014). Produk terbaik dari hasil analisa rendemen yaitu pada massa adsorben 3% menghasilkan massa jenis 865 kg/m³. Menurut Pramitha, *et al.*, (2016) dalam prakteknya massa jenis yang dihasilkan terhadap berbagai produk biodiesel tidak berbeda nyata. Massa jenis yang berbeda disebabkan oleh adanya zat pengotor seperti gliserol, sabun kalium, air, sisa etanol, sisa kalium hidroksida, kalium metoksida dan asam-asam lemak yang tidak terkonversi menjadi metil ester.



Gambar 4. Pengaruh kadar air dan massa bentonit teraktivasi asam dalam bahan terhadap angka asam biodiesel

Gambar 4 menunjukkan pengaruh kadar air dan massa bentonit terhadap angka asam biodiesel. Semakin besar kadar air dalam bahan, maka semakin besar angka asam dalam biodiesel. Selain itu, semakin besar jumlah massa bentonit yang diberikan pada bahan, maka akan semakin besar angka asam pada biodiesel. Hal ini disebabkan oleh adsorben bentonit yang digunakan diaktivasi terlebih dahulu dengan menggunakan H₂SO₄ yang tergolong asam kuat. Pada proses akhir pencucian, *crude* biodiesel masih mengandung kadar asam yang berasal dari dalam bentonit yang teraktivasi asam. Akibatnya, biodiesel akhir yang dihasilkan dari proses pencucian menggunakan air hangat masih

mengandung asam dan tidak keseluruhan netral (pH 6). Angka asam adalah banyaknya jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam lemak atau satu gram minyak (Setiawati dan Edwar, 2012).

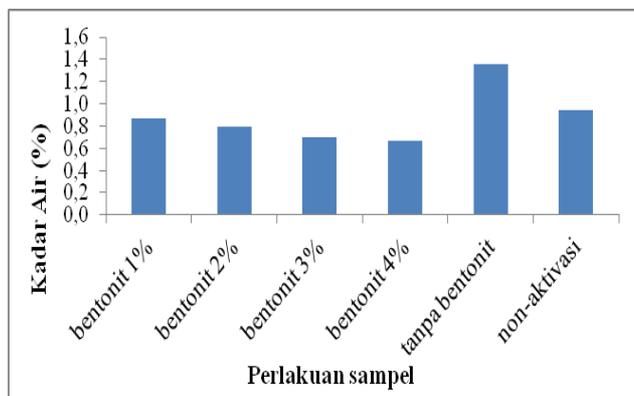


Gambar 5. Pengaruh kadar air bahan dan massa bentonit terhadap viskositas biodiesel

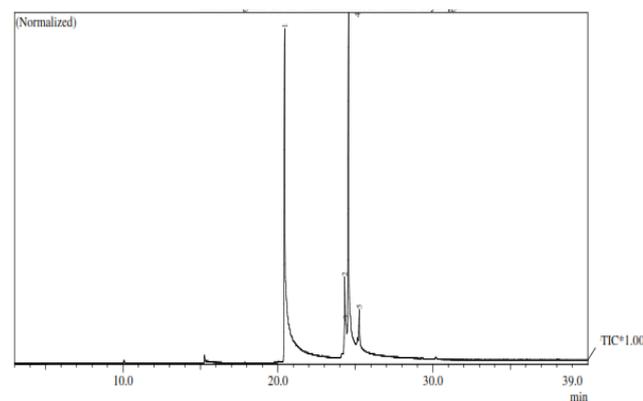
Gambar 5 menunjukkan pengaruh kadar air dan massa bentonit teraktivasi asam dalam bahan terhadap viskositas biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan semakin banyak kandungan air dalam bahan baku akan menyebabkan viskositas biodiesel semakin besar. Hal ini disebabkan oleh air yang bereaksi dengan basa sehingga menjadi reaksi saponifikasi yang menyebabkan kekentalan pada biodiesel yang dihasilkan. Peningkatan nilai viskositas juga disebabkan ketidaksempurnaan proses transesterifikasi untuk mengkonversi trigliserida menjadi metil ester, sehingga menghasilkan senyawa intermediet seperti mono dan digliserida (Kartika *et al.*, 2011). Sedangkan pada massa bentonit berbanding terbalik dengan kadar air, semakin banyak massa adsorben yang ditambahkan maka nilai viskositas yang dihasilkan semakin rendah. Rendahnya viskositas yang dihasilkan dikarenakan tingkat efektivitas penyerapan yang tinggi dari adsorben yang digunakan pada proses transesterifikasi. Sebab lain, penurunan nilai viskositas dikarenakan semakin banyaknya jumlah ikatan rangkap pada asam lemak tak jenuh oleat dan asam lemak tak jenuh linoleat dengan kesempurnaan proses transesterifikasi untuk mengkonversi trigliserida menjadi metil ester (Kartika, *et al.*, 2011).

Berdasarkan Gambar 6 didapatkan nilai kadar air pada biodiesel dengan bentonit teraktivasi lebih sedikit dibandingkan dengan biodiesel non-aktivasi dan tanpa bentonit. Bentonit pada proses transesterifikasi memiliki fungsi utama sebagai adsorben untuk menyerap kadar air dalam bahan baku minyak jelantah. Kadar air merupakan salah

satu tolak ukur penentuan kualitas biodiesel. Kadar air awal pada *crude* biodiesel yaitu 1,36%. Setelah ditambahkan adsorben bentonit, dengan penambahan air 2% dan bentonit 3% sehingga menghasilkan rendemen terbaik dengan kadar air sebesar 0,70%. Berdasarkan data tersebut maka dapat dikatakan bahwa bentonit dapat menyerap kadar air pada biodiesel (Adhani *et al.*, 2016). Namun, biodiesel yang dihasilkan belum sesuai dengan standar SNI yaitu memiliki kandungan air maksimal 0,05%. Biodiesel yang memiliki kandungan air tinggi tidak baik digunakan pada mesin diesel karena memungkinkan terjadinya reaksi hidrolisis yang dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas pada biodiesel. Kandungan air yang berlebih apabila bereaksi dengan sulfur akan membentuk asam dan menyebabkan korosif, berbusa dan turunnya panas pembakaran pada biodiesel (Setiawati dan Edwar, 2012).



Gambar 6. Pengaruh perlakuan pemberian adsorben bentonit, tanpa bentonit, nonaktivasi terhadap kadar air pada biodiesel.



Gambar 7. Kandungan ester biodiesel yang diperoleh setelah proses adsorpsi menggunakan bentonit teraktivasi 3%.

Berdasarkan Gambar 7, biodiesel yang dihasilkan terdiri atas metil palmitat (54,49%), metil linoleat (4,98%) dan metil oleat (2,86%).

Komposisi ini sesuai dengan dengan komposisi asam lemak minyak jelantah dari minyak sawit, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi dan transesterifikasi simultan telah berhasil mengkonversi asam lemak menjadi biodiesel. Hasil analisa GC-MS juga menunjukkan bahwa tidak adanya kandungan asam lemak bebas di dalam biodiesel, sehingga dapat dinyatakan bahwa bentonit sebagai adsorben berfungsi dalam menyerap impuritis pada pembuatan biodiesel (Adhani, 2016).

Karakteristik Mutu Biodiesel

Tabel 1 menunjukkan karakteristik mutu biodiesel hasil penelitian. Berdasarkan data Tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil biodiesel yang diperoleh sudah sesuai dengan standar SNI No. 7182:2015 untuk tiga parameter yaitu angka asam, densitas, dan viskositas. Namun, parameter kadar air belum sesuai dengan SNI.

Tabel 1. Perbandingan mutu hasil biodiesel terhadap SNI 2015

Parameter	Adsorpsi		Tanpa Bentonit	SNI*
	Bentonit teraktivasi	Bentonit non aktivasi		
Angka asam	0,11-0,45	0,11-0,22	0,22	Maks 0,8 mg KOH/g
Massa jenis	864-878	867-878	890	850-890 kg/m ³
Viskositas	2,90-4,77	3,02-4,38	3,24	2,3-6,0 mm ² /s
Kadar air	0,68-0,78	0,77-0,94	1,38	0,05%

*SNI No. 7182 (2015)

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan aktivasi menggunakan asam kuat H₂SO₄, pori-pori pada bentonit yang teraktivasi akan menjadi lebih besar dibandingkan pada bentonit nonaktivasi, sehingga akan melakukan adsorpsi yang lebih baik dibandingkan dengan bentonit tanpa aktivasi. Rendemen biodiesel terbesar yaitu 81% diperoleh pada kondisi operasi massa bentonit 3% dan kadar air 2%. Hasil analisis terhadap biodiesel yang diperoleh adalah massa jenis sebesar 865 kg/m³, angka asam sebesar 0,1675 mg KOH/g, viskositas sebesar 2,90 mm²/s, dan kadar air biodiesel yaitu 0,70% (b/b).

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, L., I. Aziz, S. Nurbayti, C.O. Oktaviana. 2016. Pembuatan Biodiesel dengan Cara Adsorpsi dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 2 (1): 71-80.
- Agarwal, A. K., L.M. Das. 2001. Biodiesel Development and Characterization for Use as a Fuel in Compression Ignition Engines. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 123 (2): 440-445.
- Atmoko, W.P., D. Widjanarko, Pramono. 2014. Pengaruh Temperatur Pada Proses Transesterifikasi Terhadap Karakteristik Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal of Mechanical Engineering Learning*, 3 (1): 46-52.
- Dewi, M.T.I., N. Hidajati. 2012. Peningkatan Mutu Minyak Goreng Curah Menggunakan Adsorben Bentonit Teraktivasi. *Jurnal Chemistry*, 1 (2): 349-356.
- Febriawan, F.B., Supartono, E. Kusumo. 2014. Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Karet dan Metanol Terkatalis Bentonit Alam Teraktivasi Asam. *Jurnal Kimia Murni*, 3 (1): 1-6.
- Gashaw, A., A. Teshita, A. 2014. Production Of Biodiesel From Waste Cooking Oil And Factors Affecting Its Formation: A review. *International Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 3(5): 92-98.
- Hidayati, N., T.S. Ariyanto, H. Septiawan. 2017. Transesterifikasi Minyak Goreng menjadi Biodiesel Dengan Katalis Kalsium Oksida. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1 (1): 26-32.
- Kartika, I.A., S. Yuliani, D. Ariono, Sugiarto., 2011. Transesterifikasi In Situ Biji Jarak : Pengaruh Kadar Air dan Ukuran Partikel Bahan Terhadap Rendemen dan Kualitas Biodiesel. *Agritech*, 31 (3): 75-62.
- Kulkarni, M.G., A.K. Dalai. 2006. Waste Cooking Oil - An Economic Source for Biodiesel: A Review. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 45: 2901-2913.
- Lubis, S., Sheilatina, 2013. Menggunakan Katalis Bentonit Terpilar Alumina (Synthesis of Biodiesel from Waste Cooking Oil by using Alumina-Pillared Bentonite). *Jurnal Riset Industri*, 26 (2): 38-45.
- Lubis, S. 2007. Preparasi Bentonit Terpilar Alumina dari Bentonit Alam dan Pemanfaatannya sebagai Katalis pada Reaksi Dehidrasi Etanol, 1-Propanol serta 2-Propanol. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 6 (2): 77-81.
- Pramitha, R.I., A. Haryanto, S. Triyono. 2016. Pengaruh Perbandingan Molar Dan Durasi Reaksi Terhadap Rendemen Biodiesel dari Minyak Kelapa. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 5 (3): 157-166.
- Setiawati, E., F. Edwar. 2012. Teknologi Pengolahan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Teknik Mikrofiltrasi Dan Transesterifikasi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel. *Jurnal Riset Industri*, 6 (2): 117-127.
- Wu, L., T. Wei, T. Z. Tong, Y. Zou, Z. Lin, J. Sun. 2016. Bentonite-Enhanced Biodiesel Production by NaOH-Catalyzed Transesterification of Soybean Oil with Methanol. *Fuel Processing Technology*, 144: 334-340.
- Wu, L., T. Wei, Z. Lin, Y. Zou, Z. Tong, J. Sun. 2016. Bentonite-Enhanced Biodiesel Production by NaOH-Catalyzed Transesterification: Process Optimization and Kinetics and Thermodynamic Analysis. *Fuel*, 182: 920-927.