

PEMURNIAN dan KARAKTERISASI BIODIESEL dari MINYAK BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) dengan MENGGUNAKAN ADSORBEN BENTONIT

PURIFICATION and CHARACTERIZATION OF BIODIESEL from KELOR SEED OIL (*Moringa oleifera*) with ADSORBENT BENTONITE

Frita Destri Nurdyaningrum* dan Harun Nasrudin

Department of Chemistry, Universitas Negeri Surabaya

Jl. Ketintang Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

Corresponding author, tel/fax : 085735912075, frita.dyan@gmail.com

Abstrak: Biodiesel dari minyak biji kelor dapat diperoleh melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi menghasilkan biodiesel kotor yang mengandung metil ester, gliserol dan pengotor lain berupa sisa reaktan dan katalis yang akan mempengaruhi kualitas dari biodiesel sehingga harus dihilangkan dari produk. Tujuan penelitian ini adalah menyiapkan biodiesel dari minyak biji kelor, dan mempelajari pengaruh metode dry washing menggunakan adsorben bentonit. Metode dry washing diterapkan untuk mendapatkan biodiesel dengan kandungan metil ester dengan kualitas yang baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, kondisi optimum didapatkan pada waktu interaksi antar biodiesel dengan adsorben selama 3 jam dengan karakteristik flash point 185 °C; pour point -4 °C; indeks setana 54,3 dan viskositas 4,17cSt. Dengan demikian karakteristik biodiesel tersebut telah sesuai dengan standar SNI dan dibandingkan dengan penelitian pemurnian biodiesel menggunakan air hasil karakteristik biodiesel yang diperoleh lebih baik. Untuk selanjutnya perlu dilakukan penelitian dengan waktu interaksi lebih dari 3 jam untuk mendapatkan waktu interaksi optimum.

Kata kunci: Biodiesel, Minyak biji kelor, bentonit, Dry washing

Abstract: Biodiesel from moringa seed oil can be obtained through esterification and transesterification reactions. Transesterification reaction produces biodiesel gross containing methyl ester, glycerol, and other impurities such as residual reactants and catalysts that will affect the quality of biodiesel and should be removed from the product. The purpose of this study is to prepare biodiesel from kelor seed oil, and studied the effect of dry washing method using bentonite adsorbents. Dry washing method is applied to obtain the content of methyl ester biodiesel with good quality. The results showed that the optimum conditions obtained at the time of the interaction between biodiesel with adsorbent for 3 hours with the characteristics of flash point of 185 °C; pour point of -4 °C; cetane index of 54.3 and a viscosity of 4.17 cSt. Thus the characteristics of biodiesel has been in accordance with ISO standards and compared to biodiesel using water purification research results obtained biodiesel characteristics better. To further research needs to be done for the

Keywords: Biodiesel, kelor seed oil, bentonite, Dry washing.

PENDAHULUAN

Kontinuitas penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) berbasis fosil (*fossil fuel*) memunculkan paling sedikit dua ancaman serius yaitu faktor ekonomi, berupa jaminan ketersediaan bahan bakar fosil untuk beberapa dekade mendatang, masalah suplai, harga dan fluktuasinya dan polusi akibat emisi pembakaran bahan bakar fosil ke lingkungan. Minyak biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarui seperti minyak sayur atau

lemak hewan. Biodiesel bersifat biodegradable dan tidak mengandung senyawa beracun (toxic) dan beremisi rendah serta ramah lingkungan [1]. Biodiesel dari minyak nabati salah satunya dapat dibuat dari minyak biji kelor (*Moringa oleifera*). Minyak kelor dapat diperoleh dari biji kelor sekitar 30-49% berat kering. Minyak biji kelor tidak termasuk dalam minyak makanan karena kandungan asam lemak tak jenuhnya yang tinggi yaitu 64,7% dan asam lemak jenuh yaitu 35,7% Kedua asam tersebut dinyatakan sebagai asam oleat [2].

Pembuatan biodiesel dibagi menjadi tiga tahap yaitu degumming untuk menghilangkan

gum (getah) dan mengurangi kadar fosfor dalam minyak, esterifikasi menurunkan kadar asam lemak bebas (*Free Fatty Acid* (FFA)), dan transesterifikasi untuk menghasilkan metil ester. Proses akhir pembuatan biodiesel menghasilkan dua lapisan cairan terpisah, yaitu lapisan atas, merupakan lapisan biodiesel kotor dan lapisan bawah adalah gliserol kotor. Pada biodiesel kotor ini masih mengandung pengotor seperti sisa katalis, metanol yang tidak bereaksi, dan sisa gliserol yang akan mempengaruhi kualitas dari biodiesel sehingga harus dihilangkan dari produk.

Metode pemurnian biodiesel yang biasa digunakan adalah *water washing*, yaitu pemurnian menggunakan air hangat [3]. Namun metode ini memiliki kelemahan yaitu memerlukan waktu yang lama dan membutuhkan biaya yang banyak. Karena itu diperlukan metode baru untuk memurnikan biodiesel yaitu dengan menggunakan metode *dry washing* yaitu pemurnian menggunakan adsorben. Puspaningrum [4] melakukan penelitian dengan metode *dry washing* menggunakan adsorben bentonit pada minyak biodiesel biji jarak.

Adsorben bentonit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) merupakan sumber daya mineral yang melimpah terdapat di Indonesia. Mineral bentonit memiliki diameter kurang dari $2 \mu\text{m}$ yang terdiri dari berbagai macam mineral phyllosilicate yang mengandung silica, aluminium oksida dan hidrosida yang dapat mengikat air. Bentonit memiliki struktur 3 layer yang terdiri dari 2 layer silika tetrahedron dan satu layer sentral octahedral. Bentonit memiliki komponen utama monmorilanit dengan rumus kimia $(\text{M}_x(\text{Al}_{4-x}\text{Mg}_x)\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O})$ sebesar 80% [5].

Berdasarkan hal tersebut diatas maka penelitian ini akan mengkaji mengenai pembuatan dan pemurnian biodiesel menggunakan adsorben bentonit. Serta mengetahui karakteristik minyak biodiesel hasil pemurnian berdasarkan SNI-04-718-2006 dan mengetahui struktur bentonit teraktivasi sebelum dan setelah berinteraksi dengan biodiesel dengan menggunakan spektrofotometer Infra Merah.

METODE

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Erlenmeyer 500 mL, corong pisah 500 mL, *stirer*, labu ukur 1000 mL, timbangan digital, buret, ayakan 100 mesh pipet tetes, oven listrik, cawan porselin, spatula, alat pemisah silinder kaca berujung kerucut, spektrofotometer Inframerah.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak biodiesel biji kelor, asam sulfat 98%, bentonit, asam fosfat 0,6%, akuades, KOH, metanol dan KBr.

Prosedur Penelitian

Tahap Aktivasi Bentonit

Sebanyak 25 gram Bentonit didispersikan dalam 150 ml larutan asam sulfat 1,5 M sambil diaduk dengan pengaduk magnet selama 6 jam. Lalu didiamkan selama 24 jam kemudian disaring dengan penyaring vakum dan dicuci dengan akuades panas sampai terbebas dari ion sulfat. Bentonit teraktivasi asam kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C . Setelah kering digerus sampai halus kemudian diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh, untuk melihat gugus fungsional yang terdapat pada bentonit teraktivasi dilakukan analisis menggunakan spektrofotometer inframerah (IR).

Tahap Pembuatan Biodiesel

Biji kelor di press menggunakan alat press hidrolik. Minyak yang dihasilkan disaring dan dilakukan proses *degumming* dengan menggunakan asam sulfat 0,6% sebanyak 3% dari volume minyak diikuti penambahan aquades hangat 10% dari volume minyak pada suhu 70°C . minyak hasil *degumming* kemudian dipisahkan dan dilakukan proses esterifikasi dengan penambahan asam sulfat 98% sebanyak 7,15 mL dan metanol sebanyak 140 mL diaduk dan dipanaskan pada suhu 60°C . minyak hasil esterifikasi kemudian dipisahkan dengan menggunakan corong pisah dan dilakukan proses transesterifikasi dengan menambahkan larutan natrium metoksida dan dipanaskan pada suhu 60°C selama 90 menit dan dipisahkan dalam corong pisah selama 24 jam untuk mendapatkan metil ester.

Tahap Pemurnian Biodiesel

Memasukkan ke dalam 600 mL biodiesel ke dalam gelas kimia. Menambahkan bentonit teraktivasi sebanyak 6,005 gram. Dilakukan pengadukan dengan magnetic stirer pada kecepatan 200 rpm. Kemudian biodiesel dengan padatan adsorben dipisahkan dalam tabung silinder berujung kerucut. Biodiesel hasil pemurnian kemudian dilakukan karakterisasi yang

meliputi analisis *flash point*, *pour point*, index setana, viskositas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivasi Bentonit

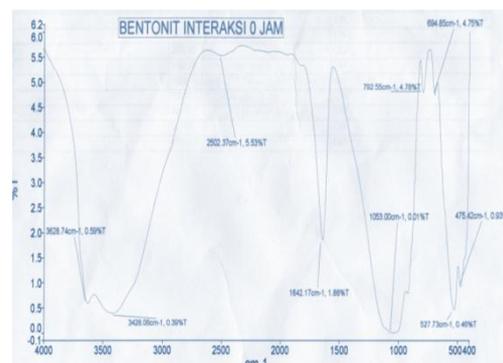
Aktivasi bentonit bertujuan untuk membuang senyawa-senyawa pengotor yang terikat pada bentonit, untuk mengaktifkan permukaan atau situs-situs aktif dari mineral dan melarutkan logam-logam yang mengisi ruang didalam struktur mineral sehingga pori-pori mineral lebih terbuka. Tahap aktivasi ini dilakukan dengan menggunakan larutan asam sulfat 1,5 M, aktivasi dengan asam sulfat menyebabkan material bentonit terprotonasi sehingga bentonit bersifat positif. Aktivasi dilakukan dengan cara memasukkan Na-bentonit ke dalam larutan asam sulfat 1,5 M dengan perbandingan 1: 4 kemudian distirer selama 6 jam dan didiamkan selama 24 jam.

Endapan hasil pada proses aktivasi dipisahkan dari larutannya dengan cara disaring dengan kertas saring kemudian bentonit di oven pada 110°C sampai berat bentonit konstan. Setelah berat bentonit aktif konstan dilakukan penumbukan sampai dihasilkan bentonit aktif 100 mesh, selanjutnya dilakukan pengujian menggunakan spektroskopi inframerah untuk mengetahui gugus-gugus fungsional yang terdapat pada bentonit teraktivasi.

Analisis Dengan Spektroskopi Inframerah (IR) Pada Bentonit Teraktivasi

Spektroskopi inframerah (IR) merupakan metode analisis yang sangat mudah dan cepat untuk mengkaji perubahan struktur bentonit. Spektra inframerah ini dapat mengetahui keberadaan gugus-gugus fungsional utama di dalam struktur senyawa yang diidentifikasi. Identifikasi yang dihasilkan lebih bersifat kualitatif yakni pengenalan gugus fungsional.

Hasil analisis dengan IR seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 memperlihatkan adanya pita lebar pada bilangan gelombang $3439,9\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan ulur OH dari molekul air yang terserap pada interlayer dan memiliki ikatan hidrogen lemah dengan permukaan Si-O. Pelebaran pita disebabkan banyaknya molekul air yang terkandung dalam kerangka bentonit. Adanya Bilangan gelombang $1640,7\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan Montmorillonit. Pita serapan pada bilangan gelombang $1038,9\text{ cm}^{-1}$ diakibatkan oleh vibrasi ulur Si-O dari Si-O-Si yang teramati sebagai puncak serapan yang lebar dengan intensitas yang tajam. Adanya bilangan gelombang $694,85\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi rentangan simetri Si/Mg-O.



Gambar 1. Spektra Bentonit Teraktivasi

Pemurnian Biodiesel

Pemurnian dilakukan dengan metode *dry washing* menggunakan adsorben bentonit, setiap kali pemurnian metil ester dicuci dengan 6,0055 gram bentonit. Pada akhirnya, pemisahan metil ester dengan bentonit dilakukan dengan cara dekantasi. Pemurnian biodiesel dari minyak biji kelor dilakukan pada suhu 55°C . Biodiesel yang telah dipisahkan masih mengandung bentonit yang belum mengendap, untuk menghilangkan bentonit tersebut dilakukan penyaringan. Penyaringan harus dilakukan karena partikel bentonit yang masih terkandung dalam biodiesel dapat mempengaruhi kinerja biodiesel sebagai bahan bakar, misalnya terjadi penyumbatan pada mesin diesel.



ngan menggunakan metode *dry washing* Biodiesel setelah pemurnian mempunyai perbedaan secara fisik dengan biodiesel sebelum pemurnian yaitu warna lebih terang, lebih jernih dan transparan. Dari fisik tersebut menunjukkan bahwa pemurnian dengan metode *dry washing* telah meningkatkan kualitas biodiesel. Begitu juga semakin lama waktu interaksi antara bentonit dengan biodiesel menunjukkan, kemurnian biodiesel semakin tinggi karena pengotor yang dapat diikat oleh bentonit semakin banyak.

Karakteristik Biodiesel Hasil Pemurnian

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui sifat fisika kimia dari biodiesel yang telah mengalami proses pemurnian. Data dari tabel 1 menunjukkan bahwa nilai *flash point* biodiesel dari minyak biji kelor pada pemurnian dengan waktu interaksi 0 jam atau tanpa pemurnian sebesar 48 °C, sedangkan setelah waktu interaksi 1 jam *flash point* meningkat yaitu 180 °C, 183 °C untuk 2 jam, dan 185 °C untuk 3 jam. Nilai-nilai ini memenuhi standar *flash point* biodiesel berdasarkan SNI-04-7182-2006 yaitu minimum 100 °C. *Flash point* merupakan suhu terendah biodiesel dan pada titik ini uap akan menyala atau terbakar ketika disinggungkan dengan nyala api.

Berdasarkan SNI-04-7182-2006 ambang batas *pour point* biodiesel maksimum 18 °C, sedangkan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan nilai *pour point* biodiesel dari minyak biji kelor berkisar 6°C sebelum biodiesel dilakukan pemurnian. Setelah pemurnian *pour point* menunjukkan nilai 0°C untuk waktu interaksi 1 jam, -2°C untuk waktu 2 jam, dan -4°C untuk waktu 3 jam. *Pour point* merupakan suhu terendah saat bahan bakar mulai membeku atau berhenti mengalir. Dimana indeks setana pada interaksi 0 jam

atau tanpa pemurnian sebesar 40,4 dan setelah pemurnian 49,3 untuk waktu interaksi 1 jam, 52,5 untuk 2 jam, dan 54,3 untuk 3 jam. Nilai-nilai tersebut memenuhi standar angka setana biodiesel berdasarkan SNI-04-7182-2006 yaitu minimum 45. Indeks setana menunjukkan kemampuan bahan bakar motor diesel menyala dengan sendirinya dalam ruang bakar motor diesel. Fungsinya untuk mengetahui kecenderungan bahan bakar motor diesel membentuk ketukan (knocking).

Viskositas merupakan angka kekentalan suatu cairan. Viskositas mempengaruhi pelumasan, gesekan antara bagian-bagian yang bergerak dan keausan mesin. Hasil pengujian yang telah dilakukan dengan metode ASTM D 445 viskositas dari minyak biji kelor mengalami penurunan setelah dilakukan pemurnian. Dimana viskositas pada interaksi 0 jam atau tanpa pemurnian sebesar 10,25 cSt dan setelah pemurnian 4,76 cSt untuk waktu interaksi 1 jam, 4,35 cSt untuk waktu interaksi 2 jam, dan 4,17 cSt untuk waktu interaksi 3 jam. Nilai-nilai tersebut memenuhi standar viskositas kinematik (40°C) biodiesel berdasarkan SNI-04-7182-2006 yaitu 2,3 – 6,0 cSt.

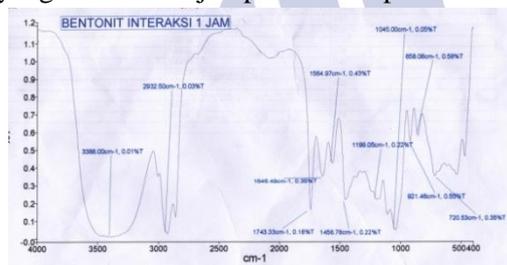
Hasil uji karakteristik biodiesel dari minyak biji kelor dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Biodiesel

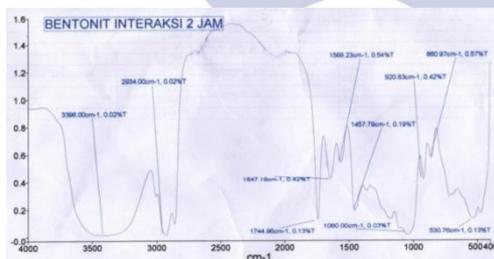
Parameter	Satuan	Batas Nilai	Metode	Batas Waktu Interaksi (Jam)	Nilai setelah Pemurnian
<i>Flash Point</i>	°C	Min 100	ASTM D 93	0	48
				1	180
				2	183
				3	185
<i>Pour Point</i>	°C	Maks 18	ASTM D 97	0	6
				1	0
				2	-2
				3	-4
Indeks Setana	-	Min 45	ASTM D 976	0	40.4
				1	49.3
				2	52.5
				3	54.3
Viskositas	cSt	2,3-6	ASTM D 445	0	10.25
				1	4.76
				2	4.35
				3	4.17

Hasil Uji Spektrofotometri Inframerah Pada Adsorben Bentonit

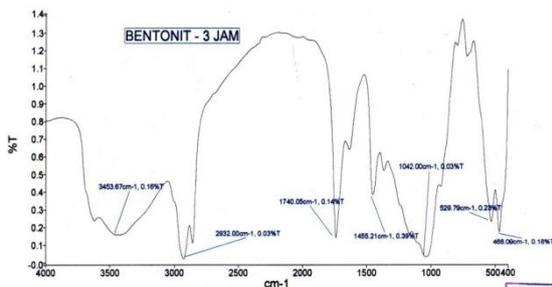
Analisis kualitatif dengan metode spektrofotometri inframerah dilakukan pada bilangan gelombang 4000-500 cm^{-1} menggunakan pellet KBr. Analisis inframerah dilakukan untuk mengetahui perbedaan gugus fungsi pada bentonit teraktivasi sebelum dan setelah interaksi dengan biodiesel. Keempat spektra yang dihasilkan memiliki puncak-puncak serapan yang hampir sama, hanya saja ada beberapa puncak serapan yang mengalami pergeseran bilangan gelombang dan ada beberapa puncak yang muncul. Spektra bentonit untuk waktu interaksi 0 jam, yang memiliki lima serapan utama gugus penyusun bentonit. Berikutnya adalah spektra bentonit waktu interaksi 1, 2, dan 3 jam, yang memiliki tujuh puncak serapan.



Gambar 2. Spektra bentonit dengan waktu interaksi 1 jam



Gambar 3. Spektra bentonit dengan waktu interaksi 2 jam.



Gambar 4. Spektra bentonit dengan waktu interaksi 3 jam.

Dari ketiga gambar tersebut terlihat bahwa terdapat bilangan gelombang pada interaksi waktu 1 jam $3388,0 \text{ cm}^{-1}$, interaksi waktu 2 jam $3379,9 \text{ cm}^{-1}$, interaksi waktu 3 jam $3453,67 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi ulur OH dari Si-OH dan H_2O . Puncak baru muncul pada bilangan gelombang $2925,7 \text{ cm}^{-1}$ untuk waktu interaksi 1 jam, $2934,0 \text{ cm}^{-1}$ untuk waktu interaksi 2 jam, 2932 cm^{-1} untuk waktu interaksi 3 jam merupakan bilangan gelombang dari gugus aldehida. Munculnya gugus aldehida, dari senyawa ester yang melekat pada adsorben bentonit secara fisik setelah proses adsorpsi. Begitu juga pada bilangan gelombang $1745,6 \text{ cm}^{-1}$ untuk waktu interaksi 1 jam, $1744,96 \text{ cm}^{-1}$ untuk waktu interaksi 2 jam, $1740,05 \text{ cm}^{-1}$ untuk waktu interaksi 3 jam yang merupakan puncak baru dari suatu ester. Ester yang terbaca bukan merupakan ester yang terikat oleh bentonit melainkan ester yang hanya melekat pada bentonit secara fisik. Hal ini terjadi karena setelah interaksi dengan biodiesel (ester) bentonit hanya disaring dan dibersihkan dengan kertas penyerap minyak sehingga masih memungkinkan adanya biodiesel (ester) yang masih menempel pada bentonit.

Bilangan gelombang $1646,49 \text{ cm}^{-1}$ pada waktu interaksi 1 jam, $1647,19 \text{ cm}^{-1}$ pada waktu interaksi 2 jam dan 1633 cm^{-1} merupakan daerah tekuk -OH dari Si-OH.

Puncak baru muncul pada bilangan gelombang baru $1456,78 \text{ cm}^{-1}$ pada waktu interaksi 1 jam, $1457,79 \text{ cm}^{-1}$ pada waktu interaksi 2 jam, dan 1455 cm^{-1} pada waktu interaksi 3 jam, menunjukkan adanya gugus metilen. Munculnya gugus metilen menunjukkan bahwa bentonit telah menyerap senyawa metil yang merupakan pengotor dalam biodiesel. Bilangan gelombang 1045 cm^{-1} pada waktu interaksi 1 jam, $1060,0 \text{ cm}^{-1}$ pada waktu interaksi 2 jam, 1042 cm^{-1} pada waktu interaksi 3 jam, menunjukkan vibrasi rentangan asimetri Si-O dalam SiO_4 yang berikatan secara tetrahedral sebagai struktur penyangga dalam bentonit. Selanjutnya bilangan gelombang $720,53 \text{ cm}^{-1}$ pada waktu interaksi 1 jam, $530,76 \text{ cm}^{-1}$ pada waktu interaksi 2 jam, dan $529,79 \text{ cm}^{-1}$ pada waktu interaksi 3 jam, menunjukkan vibrasi

Tabel 2. Pergeseran Panjang Gelombang pada Bentonit yang Berinteraksi dengan Biodiesel

Gugus Fungsional	Pergeseran Panjang Gelombang (cm ⁻¹)		
	1 Jam	2 Jam	3 Jam
Vibrasi ulur OH dari Si-OH dan H ₂ O	40,06	48,84	24,93
Gugus aldehida (Sastroamidjojo, 1985)	2932,5	2934,0	2932,0
Ester (Sastroamidjojo, 1985)	1743,33	1744,96	1740,05
Daerah tekuk OH dari Si-OH (Sastroamidjojo, 1985)	4,32	5,02	8,27
Gugus metilen (Sastroamidjojo, 1985)	1456,78	1457,79	1455,21
Vibrasi rentangan asimetri Si-O dalam SiO ₄	8	7	11
Vibrasi rentangan simetri Si/Mg-O	25,68	164,09	165,09

rentangan Si Mg-O.

Tabel 2 menunjukkan pergeseran bilangan gelombang pada bentonit teraktivasi yang setelah berinteraksi dengan biodiesel yang dibandingkan dengan bentonit teraktivasi sebelum berinteraksi dengan biodiesel. Terjadinya kenaikan dan penurunan bilangan gelombang akibat adanya penyerapan pengotor biodiesel oleh adsorben bentonit. Namun pergeseran tiap waktu interaksi telah menandakan terjadinya proses adsorpsi oleh adsorben bentonit terhadap senyawa-senyawa pengotor pada biodiesel dari minyak biji kelor dan adanya pergeseran, perubahan spektra dan intensitas gelombang tersebut menunjukkan interaksi molekuler yang terjadi selama proses adsorpsi berlangsung.

PENUTUP

Simpulan

Karakteristik biodiesel dari minyak biji kelor hasil *dry washing* menggunakan adsorben bentonit dengan variasi waktu interaksi 0,1,2, dan 3 jam antara biodiesel dengan bentonit telah diperoleh hasil yang terbaik yaitu dengan variasi waktu interaksi 3 jam dan memenuhi standar SNI-04-7182-2006. Diperoleh karakteristik *flash point* 185 °C, *pour point* -4 °C, indeks setana 54,3; dan viskositas 4,17 dan diperoleh rendemen 87,23%.

Saran

Pada penelitian ini disarankan untuk menggunakan rentang waktu interaksi yang lebih lebar sehingga diperoleh perbedaan yang signifikan serta menggunakan metode lain dalam menghilangkan biodiesel yang menempel pada adsorben agar tidak ikut terbaca saat pengujian menggunakan instrumen spektroskopi inframerah, dan perlu dilakukan penelitian untuk waktu interaksi lebih dari 3 jam untuk mendapatkan waktu interaksi optimum.

DAFTAR PUSTAKA

1. Yuliani, Fitri, dkk. 2009. *Pengaruh Katalis Asam (H₂SO₄) dan Suhu Reaksi pada Reaksi Esterifikasi Minyak Biji Karet (Hevea brasiliensis) menjadi Biodiesel*. Tugas akhir tidak dipublikasikan. Surabaya: Teknik Kimia ITS
2. Ningtyas, Nurul Try Ayu. 2009. *Pembuatan dan Karakterisasi Biodiesel Minyak Biji Kelor (Moringa oleifera)*. Skripsi tidak dipublikasikan. Surabaya: Jurusan Kimia Unesa
3. Herdiani, Ira Ayuthia. 2009. *Aplikasi Adsorben dalam Proses Pemurnian Biodiesel Jarak Pagar (Jatropha curcas L.) Menggunakan Metode Kolom*. (online) (<http://library.ipb.ac.id>). Diakses tanggal 20 Juli 2011
4. Puspaningrum, Sugiarti. 2007. *Pengaruh Jenis Adsorben Terhadap Peningkatan Mutu Biodiesel Dari Minyak Jarak*

- Pagar (Jatropha curcas L.)*. (online) (<http://library.ipb.ac.id>). Diakses tanggal 20 Juli 2011
5. Dewi, Mega Twilana Indah. 2012. *Peningkatan Mutu Minyak Goreng Curah Menggunakan Adsorben Bentonit Teraktivasi*. Skripsi tidak dipublikasikan. Surabaya: Jurusan Kimia Unesa
 6. Sastrohamidjojo, Hardjojo Dr. 1985. *Spektroskopi*. Yogyakarta:Liberty
 7. SNI. 2006. Biodiesel (04-718-2006). Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
 8. Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Jakarta: Ghalia Indonesia

