



## REAKSI TRANSESTERIFIKASI MINYAK BIJI KARET DAN METANOL TERKATALIS BENTONIT ALAM TERAKTIVASI ASAM

Faizal Bintang Febriawan\*), Supartono dan Ersanghono Kusumo

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima April 2014  
Disetujui April 2014  
Dipublikasikan Mei 2014

Kata kunci:  
metil ester  
bentonit alam  
minyak biji karet

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan massa katalis dan waktu reaksi transesterifikasi optimum, mengetahui komponen-komponen dari hasil reaksi transesterifikasi pada kondisi optimum, dan mengetahui kualitas biodiesel yang dihasilkan. Bentonit alam yang digunakan dilakukan preparasi menggunakan NaCl 1 M dan aktivasi menggunakan  $H_2SO_4$ . Sintesis biodiesel yang dilakukan menggunakan variasi waktu reaksi transesterifikasi 60, 120, 180, dan 240 menit dengan variasi konsentrasi katalis bentonit teraktivasi asam 0,5; 1; 1,5 dan 2% (b/v). Uji karakterisasi katalis dianalisis menggunakan BET dan XRD, sedangkan uji optimasi reaksi transesterifikasi menggunakan GC. Hasil uji BET diperoleh kenaikan luas permukaan sebesar  $4,254 \text{ m}^2/\text{g}$ . Hasil uji XRD diperoleh adanya perubahan pada mineral Quartz ( $SiO_2$ ) yaitu  $d(\text{\AA}) = 0,05$ . Hasil uji GC didapatkan waktu reaksi dan konsentrasi katalis optimum berturut-turut 180 menit dan 1%. Hasil GC-MS menunjukkan komponen tertinggi yaitu gliserol (94,71%). Gliserol akan mempengaruhi hasil uji fisis biodiesel dimana hasil uji sifat fisis tidak sesuai standar biodiesel SNI dan ASTM adalah densitas, viscositas kinematik, *flash point*, dan *cloud point*.

### Abstract

This study aims to determine the mass of the catalyst and the optimum of transesterification reaction time, knowing the components of the transesterification reaction results in optimum condition, and knowing the quality of biodiesel produced. Natural bentonite used is done using a mixture of 1 M NaCl and activation using  $H_2SO_4$ . Biodiesel synthesis is performed using a variety of transesterification reaction time 60, 120, 180, and 240 minutes with a variety of acid-activated bentonite catalyst concentrations of 0.5, 1, 1.5 and 2% (w/v). Catalyst characterization test were analyzed using the BET and XRD, while the optimization test transesterification reaction using GC. Test results obtained BET surface area increase of  $4.254 \text{ m}^2/\text{g}$ . XRD test results obtained by a change in the mineral Quartz ( $SiO_2$ ) is  $d(\text{\AA}) = 0.05$ . GC test results obtained reaction time and catalyst concentration optimum successive 180 minutes and 1%. GC-MS results showed the highest component is glycerol (94.71%), glycerol will affect the results of the physical test biodiesel in which the physical properties of the test results do not conform ISO and ASTM standard of biodiesel is the density, kinematic viscosity, flash point, and cloud point.

## Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil karet alam terbesar di dunia. Indonesia mempunyai total areal perkebunan karet sebesar 3.338.162 ha (2003) dengan proporsi tanaman karet yang menghasilkan adalah 2.035.058 ha (61%) (Direktorat Jenderal Perkebunan; 2006). Haris *et al.* (1995), melihat tingginya kandungan minyak di dalam daging biji karet yakni sebesar 50%. Minyak biji karet sangat potensial untuk dimanfaatkan. Suparno *et al.* (2009) menyatakan rendemen minyak biji karet adalah sekitar 10% dari biji karet utuh atau 20% dari daging biji.

Konsumsi bahan bakar minyak terutama bahan bakar diesel atau solar terus meningkat. Pada tahun 1995 konsumsi bahan bakar solar untuk transportasi mencapai 6,91 milyar liter dan terus meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2010 konsumsi bahan bakar solar untuk transportasi mencapai 18,14 milyar liter, sehingga Indonesia mengimpor bahan bakar solar, dari kurun waktu 1999 sampai 2006 sebanyak 28 milyar liter bahan bakar solar untuk mencukupi kebutuhan nasional. Stok minyak mentah yang berasal dari fosil ini terus menurun sedangkan jumlah konsumsinya terus meningkat setiap tahunnya, sehingga perlu dicari alternatif bahan bakar lain, terutama dari bahan yang terbarukan. Salah satu alternatifnya adalah biodiesel, untuk menggantikan solar. Secara teknis, biodiesel memiliki kinerja yang lebih baik dari pada solar (Destianna *et al.*; 2007).

Hikmah dan Zuliyana (2011), menjelaskan biodiesel merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewan untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku.

Riyanto (1992) dalam Lubis (2007), mengemukakan bentonit merupakan salah satu jenis lempung yang mempunyai kandungan utama mineral *smektit* (*montmorillonit*) dengan kadar 85-95%, bersifat plastis dan koloidal tinggi. Berdasarkan sifat fisiknya bentonit dibedakan atas Na-bentonit dan Ca-bentonit. Na-bentonit memiliki kandungan  $\text{Na}^+$  yang besar pada antar lapisnya, memiliki sifat mengembang dan akan tersuspensi bila didispersikan ke dalam air. Pada Ca-bentonit,

kandungan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  relatif lebih banyak bila dibandingkan dengan kandungan  $\text{Na}^+$ . Ca-bentonit bersifat sedikit menyerap air dan jika didispersikan ke dalam air akan cepat mengendap atau tidak terbentuk suspensi. Bentonit dapat digunakan sebagai penyangga katalis, sedangkan bentonit yang telah dimodifikasi dapat digunakan sebagai katalis.

Mengacu pada hasil penelitian Canacki dan Van Gerpen (1999), Ramadhas, *et al.* (2005), Shashikant dan Hifjur (2005), bahwa bahan baku minyak biji karet memiliki kandungan asam lemak tinggi, yaitu 17% maka pembuatan biodiesel dilakukan dengan dua tahap reaksi: esterifikasi untuk menurunkan kandungan asam lemak hingga  $\leq 2\%$  dan transesterifikasi untuk membentuk biodiesel. Jaimasith dan Satit (2007), telah memaparkan mengenai pemakaian katalis heterogen tanah liat dalam sintesis biodiesel. Sampel yang digunakan adalah minyak palm murni, penelitian itu telah menunjukkan bahwa katalis tanah liat telah berhasil memproduksi biodiesel sebagai produk transesterifikasi. Katalis tanah liat dari studi ini menghasilkan biodiesel yang mempunyai potensi untuk menggantikan diesel berkecepatan tinggi dalam waktu dekat. Dari latar belakang tersebut, dan semakin banyaknya biji karet yang belum termanfaatkan maka peneliti telah melakukan suatu penelitian untuk membuat bahan bakar alternatif berupa biodiesel dengan memanfaatkan minyak biji karet sebagai bahan baku dan metanol sebagai pereaksi melalui reaksi transesterifikasi menggunakan katalis bentonit alam.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh massa katalis bentonit alam (b/v dari minyak biji karet) pada proses sintesis biodiesel dari minyak biji karet dan metanol menggunakan katalis bentonit alam pada kondisi optimum, menentukan waktu reaksi optimum pada proses sintesis biodiesel dari minyak biji karet dan metanol menggunakan katalis bentonit alam, mengetahui komposisi biodiesel yang diperoleh pada kondisi optimum sebagai hasil reaksi transesterifikasi minyak biji karet dan metanol menggunakan katalis bentonit alam, dan menguji perbandingan uji sifat fisis biodiesel yang dihasilkan dari hasil reaksi transesterifikasi minyak biji karet dan metanol menggunakan katalis bentonit alam teraktivasi asam dengan standar biodiesel SNI dan ASTM.

## Metode Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah

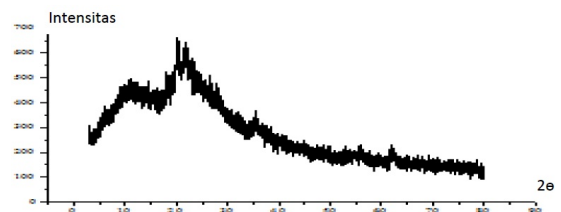
massa katalis bentonit alam aktif dan waktu reaksi transesterifikasi. Variabel terikat yang digunakan adalah rendemen antara metil ester dan gliserol sebagai hasil reaksi transesterifikasi minyak biji karet dan metanol menggunakan katalis bentonit alam. Variabel kontrol yang digunakan adalah volume minyak biji karet, kecepatan pengadukan reaksi transesterifikasi, suhu reaksi transesterifikasi, dan ukuran bentonit alam teraktivasi asam. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: seperangkat alat gelas (*pyrex*), neraca digital, penyaring vakum, ayakan 100 mesh, alat press hidrolik, Shimadzu XRD-7000 *X-Ray Diffractometer* (XRD), *Brunnauer Emmet Teller* (BET) Quantachrome NOVA 1200e, dan *Gas Chromatography* (GC) Agilent 6890, dan *Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry* (GC-MS) Perkin Elmer Clarus 680. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: biji karet, bentonit alam (serbuk), Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat, n-heksana, NaCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, etanol, metanol, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, asam oksalat, NaOH, dan BaCl<sub>2</sub> (dengan *grade pro analyst* buatan E-Merck).

Biji karet dapat dipress dengan menggunakan mesin press hidrolik. *Degumming* dilakukan dengan memanaskan minyak biji karet menggunakan pemanas kemudian ditambahkan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 20%; 0,2% -volume minyak (% v/v). Perhitungan densitas minyak biji karet dilakukan menggunakan alat piknometer 25 mL. Analisis untuk menghitung FFA, dilakukan dengan titrasi hingga mencapai titik ekuivalen menggunakan larutan NaOH (sebagai titran) yang telah distandarisasi dengan H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 0,1 N. Analisa kadar air minyak biji karet dilakukan dengan pengurangan berat gelas kimia berisi sampel yang dioven 3 jam dengan berat gelas kimia kosong. Preparasi katalis bentonit alam dilakukan dengan NaCl 1 M dan aktivasi katalis bentonit alam menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 M kemudian dikarakterisasi dengan XRD dan BET. Selanjutnya dilakukan proses esterifikasi dan transesterifikasi. Esterifikasi dilakukan menggunakan rasio mol minyak : metanol = 1 : 2 dengan bantuan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1%; 5% -volume minyak (% v/v) direaksikan pada suhu 60°C selama 60 menit. Transesterifikasi dilakukan dengan rasio mol minyak : metanol = 1:6, pada suhu 60°C dan menggunakan variasi waktu (60, 120, 180 dan 240 menit) dan konsentrasi katalis bentonit alam aktif (0,5%; 1%; 1,5% dan 2%). Optimasi reaksi transesterifikasi dilakukan menggunakan alat GC. Kondisi reaksi optimum kemudian dianalisis

sifat kimia menggunakan GC-MS dan di uji sifat fisisnya.

**Hasil dan Pembahasan**

Karakterisasi bentonit alam menggunakan metode uji kualitatif yaitu dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) terlihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Difraktogram bentonit alam teraktivasi asam menggunakan XRD

Hasil difraktogram pada Gambar 1. menunjukkan perbedaan yang terlihat jelas pada penurunan intensitas relatif, hal ini dikarenakan kurang sempurnanya proses preparasi dan aktivasi sehingga masih terdapat pengotor yang menempel pada kisi-kisi bentonit. Tetapi struktur bentonit masih tetap amorf, artinya struktur dan fungsi bentonit sebagai katalis masih baik dan tidak mengalami banyak perubahan. Hal ini bisa diinterpretasikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil karakterisasi bentonit alam dan bentonit alam teraktivasi asam menggunakan XRD

Mineral	A			B			C		
	2θ	d(Å)	I	2θ	d(Å)	I	2θ	d(Å)	I
Montmorillonit	19,80	4,47	100%	19,80	4,47	100%	20,10	4,41	100%
	39,44	2,29	29,09%	35,40	2,55	47,54%	39,25	2,29	3%
Quartz (SiO <sub>2</sub> )	25,26	3,52	22,79%	20,93	4,23	33,67%	24,86	3,57	19%
	68,28	1,37	8,88%	68,50	1,37	9,24%	68,46	1,37	4%
Halloysite (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	33,19	2,69	12,74%	33,20	2,69	23,11%	33,43	2,67	5%
	73,43	1,28	26,97%	73,70	1,28	20,45%	73,72	1,28	12%

Keterangan :

- A = Bentonit alam menurut JCPDS yang diacu dalam Rifda dan Rusmini (2012)
- B = Bentonit alam teraktivasi asam penelitian Rifda dan Rusmini (2012)
- C = Bentonit alam teraktivasi asam penelitian ini

Tabel 1. menunjukkan bahwa setelah aktivasi dengan asam sulfat, bentonit tidak mengalami perubahan struktur. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan *d-spacing* yang relatif kecil yaitu pada mineral *Quartz* (SiO<sub>2</sub>) dari d(Å) = 3,52 (2θ = 25,26°) meningkat menjadi d(Å) = 3,57 (2θ = 24,86°). Sedangkan pada mineral *Montmorillonit* mengalami sedikit perubahan dari d(Å) = 4,47 (2θ = 19,80°) menjadi d(Å) = 4,41 (2θ = 20,10°) dan pada mineral *Halloysite* (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dari d(Å) = 2,69 (2θ = 33,19°) menjadi d(Å) = 2,67 (2θ = 33,43°).

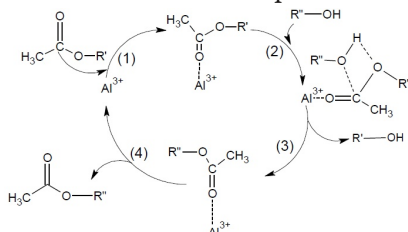
Hasil karakterisasi bentonit alam

menggunakan BET dilakukan untuk mengetahui luas permukaan dari bentonit sebelum dan sesudah aktivasi. Hal ini seperti pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil uji karakterisasi bentonit alam dan bentonit alam teraktivasi asam menggunakan *Brunnauer Emmet Teller* (BET)

Sampel	Slope	Intersep	Koefisien Korelasi (r)	Konstanta (C)	Luas Permukaan
Bentonit Alam	73,810	$2,145 \times 10^{-1}$	0,999	345,146	$47,045 \text{ m}^2/\text{g}$
Bentonit Alam Teraktivasi Asam	67,652	$2,346 \times 10^{-1}$	0,999	289,360	$51,299 \text{ m}^2/\text{g}$

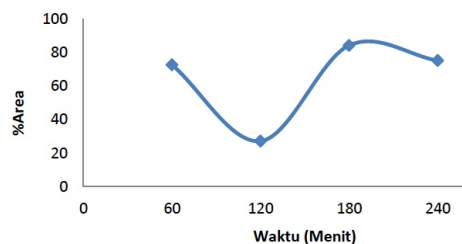
Hasil uji karakterisasi yang didapatkan menggunakan BET pada Tabel 2. menunjukkan bahwa bentonit yang telah diaktivasi dengan asam mempunyai luas permukaan yang lebih besar daripada bentonit yang belum aktif. Bentonit alam memiliki luas permukaan  $47,045 \text{ m}^2/\text{g}$  sedangkan setelah diaktivasi bentonit alam memiliki luas permukaan  $51,299 \text{ m}^2/\text{g}$ . Supeno (2007), menjelaskan bahwa peningkatan pada luas permukaan pada bentonit teraktivasi asam disebabkan oleh interaksi bentonit dengan asam dapat melepaskan ion  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$  dan pengotor-pengotor lainnya dari struktur sehingga kisi kristal bentonit menjadi lebih bersih. Peningkatan luas permukaan pada bentonit memungkinkan untuk memperbesar *yield* metil ester yang dihasilkan sebagai produk dari reaksi transesterifikasi minyak biji karet dan metanol. Mekanisme reaksi bentonit dalam reaksi transesterifikasi terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Siklus mekanisme reaksi katalis bentonit terhadap trigliserida pada reaksi transesterifikasi (Sumber: Di Serio *et al.*; 2008)

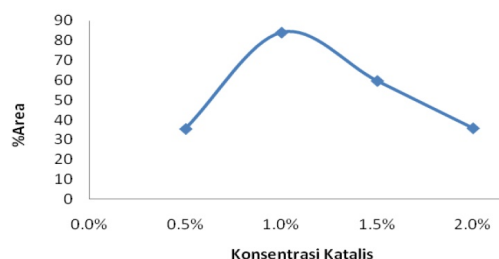
Tahapan yang terjadi pada Gambar 2. adalah: (1) pusat asam Lewis ( $\text{Al}^{3+}$ ) pada bentonit bereaksi dengan trigliserida menghasilkan suatu trigliserida kompleks; (2) nukleofil dari alkohol menyerang trigliserida kompleks menghasilkan intermediet; (3) intermediet mengeliminasi alkohol sehingga terbentuk suatu trigliserida kompleks yang baru; (4) produk ester terdesorpsi keluar dari permukaan katalis dan katalis bentonit terbentuk kembali.

Reaksi transesterifikasi yang dilakukan dalam penelitian mendapatkan hasil optimum pada waktu reaksi 180 menit, hal ini terlihat dalam Gambar 3.



**Gambar 3.** Optimasi waktu reaksi transesterifikasi menggunakan GC

Gambar 3. Menunjukkan bahwa pada waktu reaksi transesterifikasi selama 180 menit dihasilkan konsentrasi metil ester yang optimum yaitu sebesar 84,21%. Sedangkan setelah mencapai pada kondisi waktu reaksi optimum, konsentrasi metil ester yang dihasilkan akan turun yaitu sebesar 75,14%. Hasil konsentrasi metil ester yang didapatkan sesuai dengan pernyataan Dharsono dan Oktari (2010), yang menjelaskan bahwa semakin lama waktu reaksi maka kemungkinan kontak antar zat semakin besar sehingga akan menghasilkan konversi yang besar. Jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai, maka dengan bertambahnya waktu reaksi tidak akan menguntungkan karena tidak memperbesar hasil konversi metil ester. Sedangkan optimasi konsentrasi katalis pada reaksi transesterifikasi terlihat dalam Gambar 4.



**Gambar 4.** Optimasi konsentrasi katalis bentonit alam aktif pada reaksi transesterifikasi

Optimasi yang ditunjukkan pada Gambar 3. menunjukkan bahwa pada penggunaan konsentrasi katalis sebesar 1% dari volume minyak biji karet yang digunakan akan menghasilkan konversi metil ester yang lebih besar yaitu 84,21%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Bahtiar (2008) yang menggunakan konsentrasi katalis KOH sebesar 1% akan menghasilkan konversi metil ester yang optimum. Penelitian Bahtiar (2008) didukung oleh penelitian Aziz (2005) yang menggunakan minyak jelantah dengan bantuan katalis KOH yang menghasilkan konversi metil ester optimum pada konsentrasi katalis 1%.

Komponen-komponen kimia dari reaksi transesterifikasi dianalisis menggunakan GC-MS, hal ini terlihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Kromatogram GC-MS metil ester pada kondisi reaksi optimum

Gambar 5. menunjukkan hasil yang diperoleh adalah komponen gliserol trilaurat dengan kadar 94,71%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa biodiesel yang diperoleh belum dalam keadaan murni sehingga masih terdapat gliserol sebagai produk samping dari reaksi transesterifikasi. Jika pemurnian biodiesel dilakukan sempurna, maka komponen yang terkandung dalam biodiesel yang diharapkan hanya berupa metil ester asam-asam lemak yaitu asam lemak tak jenuh mencapai 90,77%, yang terdiri dari asam linoleat sebesar 47,98% dan asam oleat sebesar 42,78% serta asam lemak jenuh berupa asam palmitat sebesar 9,23%. Oleh karena itu, hasil pengujian sifat fisik pada sampel biodiesel yang dihasilkan masih menunjukkan ketidaksesuaian dengan biodiesel standar yang ditetapkan SNI ataupun ASTM. Hal ini terlihat pada uji sifat fisis pada biodiesel dari hasil penelitian yang tersaji dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil uji sifat fisik biodiesel

No.	Parameter Pengujian	Hasil		
		A	B	C
1.	Specific Gravity 60/60°F	0,8180	-	-
2.	Berat Jenis pada 40°C (Kg/m <sup>3</sup> )	818	850-890	-
3.	Viskositas Kinematik at 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	0,939	1,9-6,0	2,3-2,6
4.	Flash Point PM c.c. (°C)	16,5	Min. 130	Min. 100
5.	Cloud Point (°C)	30	Maks. 18	Maks. 18
6.	Pour Point (°C)	-32	Sesuai pelanggan	-
7.	Comradson Carbon Residue (%6wt)	0,05	Maks. 0,05	Maks. 0,3
8.	Distilasi 90% (°C)	81	Maks. 360	Maks. 360

Keterangan :

A = Hasil uji biodiesel penelitian ini

B = Standar biodiesel menurut ASTM D-6751

C = Standar untuk biodiesel alkil ester SNI 04-7182-2006

Hasil uji sifat fisik Tabel 3. ternyata ada yang menunjukkan ketidaksesuaian dengan pembandingan standar biodiesel SNI ataupun ASTM, yaitu: berat jenis pada 40°C, viskositas kinematik, flash point dan cloud point. Berat jenis biodiesel sampel yang dihasilkan yaitu 818 kg/m<sup>3</sup> masih kurang dari yang ditetapkan standar yaitu 850-890 kg/m<sup>3</sup>. Hal ini disebabkan oleh reaksi transesterifikasi yang tidak sempurna, yang menghasilkan reaksi penyabunan. Gusman dan Fradriyan (2010), menyatakan bahwa apabila terjadi reaksi penyabunan dalam transesterifikasi, biodiesel

yang dihasilkan akan lebih susah dipisahkan dengan gliserol. Gliserol yang bercampur dengan biodiesel menyebabkan biodiesel semakin keruh, dan kerapatannya semakin besar sehingga berat jenis biodiesel semakin rendah. viskositas kinematik yang dihasilkan 0,939 mm<sup>2</sup>/s masih jauh lebih rendah dari standar biodiesel SNI ataupun ASTM yaitu rentang 2,3-2,6 mm<sup>2</sup>/s. Hal ini disebabkan pada proses pemurnian produk akhir. Dimungkinkan dalam pemurnian biodiesel, gliserol masih bercampur dengan produk sehingga biodiesel yang dihasilkan lebih encer. Nilai titik nyala yang rendah yaitu 16,5°C dan tidak sesuai dengan standar biodiesel SNI atau ASTM. Ketidaksesuaian ini dikarenakan masih banyak pengotor dalam produk biodiesel. Faktor pencucian dan pemurnian yang kurang sempurna akan mempengaruhi nilai titik nyala produk. Dimungkinkan produk masih mengandung gliserol, sehingga titik nyala yang dihasilkan sangat rendah. Titik kabut dari sampel biodiesel yang dihasilkan sebesar 30°C dan tidak sesuai dengan standar biodiesel yang ditetapkan SNI ataupun ASTM yaitu maksimal 18°C. Faktor ketidaksesuaian ini disebabkan oleh bahan baku yang telah diproses ulang sebanyak 3 kali, sehingga biodiesel yang dihasilkan terlihat keruh meskipun masih berada pada suhu 30°C.

**Simpulan**

Berdasarkan data penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal, (1) konsentrasi katalis bentonit teraktivasi asam sebesar 1% akan memberikan kondisi reaksi transesterifikasi yang optimum dimana konversi metil ester yang dihasilkan adalah 84,21%; (2) waktu reaksi transesterifikasi yang optimum adalah 180 menit, dimana konversi metil ester yang dihasilkan adalah 84,21%; (3) komposisi dari hasil reaksi transesterifikasi kondisi optimum adalah metil ester asam palmitat sebesar 0,49%, metil ester asam oleat sebesar 2,26%, metil ester asam linoleat sebesar 2,54%, dan gliserol trilaurat sebesar 94,71%; (4) pengujian sifat fisik yang dilakukan pada sampel biodiesel dari hasil reaksi transesterifikasi dalam kondisi optimum belum sesuai dengan standar biodiesel yang ditetapkan oleh SNI ataupun ASTM. Hal ini dikarenakan masih terdapat gliserol sebagai produk samping dari biodiesel yang dihasilkan.

**Daftar Pustaka**

Aziz I. 2005. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk dan Uji Performance Biodiesel pada Mesin Diesel*. Tesis. Yogyakarta:

- Universitas Gadjah Mada
- Bahtiar A. 2008. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Karet, Uji Kinetik, dan Fisisnya*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Canacki M. & Van Gerpen J. 1999. Biodiesel Production via Acid Catalysts. *Jurnal Transactions of the ASAE*, 42 (5): 1203-1210. United States of America: American Society of Agricultural Engineers
- Destianna M., Agustinus Z.N., & Soraya P. 2007. *Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel*. Lomba Karya Ilmiah Mahasiswa ITB Bidang Energi. halaman 1-71. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Dharsono W. & Y.S. Oktari. 2010. *Proses Pembuatan Biodiesel dari Dedak dan Metanol dengan Esterifikasi IN SITU*. Skripsi. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2006. *Luas Areal dan Produksi Perkebunan Rakyat di Indonesia 1995-2003*. Online. Diperoleh dari [www.deptan.go.id](http://www.deptan.go.id). [Diakses 13-12-2011]
- Di Serio M., Riccardo T., Lu Pengmei, & Elio S. 2008. Heterogenous Catalysts for Biodiesel Production. *Jurnal Energy & Fuels*. 22: 207-217
- Gusman B.I.S. & Fradriyan A. 2010. *Pengaruh Katalis Asam ( $H_2SO_4$ ) dan Suhu Reaksi dalam Pembuatan Biodiesel dari Limbah Minyak Biji Ikan*. Skripsi. Semarang: Jurusan Teknik Kimia. UNDIP
- Haris U., Hardjosuwito B., Hermansyah & Bagya. 1995. "Pemanfaatan Biji Karet Secara Komersial, Suatu Analisis Potensi dan Kelayakan". *Catatan Penelitian Jurnal Warta Pusat Penelitian Karet*. 14 (1): 1-9. Indonesia: Pusat Penelitian Karet
- Hikmah M.N., & Zuliyana. 2010. *Pembuatan Metil Ester (BIODIESEL) dari Minyak Dedak dan Metanol Dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi*. Skripsi. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Jaimasith M., & Satit P. 2007. Biodiesel Synthesis from Transesterification by Clay-Based Catalyst. *Journal of Science*. 34 (2): 201-207
- 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
- Ramadhas A.S., Jayaraj S., & Muraleedharan C. 2005. Biodiesel Production from High FFA Rubber Seed Oil. *Jurnal Fuel*. 84: 335-340
- Rifda M.F., & Rusmini. 2012. Pengaruh Massa Bentonit Teraktivasi  $H_2SO_4$  terhadap Daya Adsorpsi Iodium. *UNESA Journal of Chemistry*. 1 (1): 59-67
- Riyanto. 1992. *Bahan Galian Industri Bentonit*. Dalam Jurnal Direktorat Jenderal Pertambangan Umum. Bandung: Pusat Pengembangan Teknologi Mineral
- Shashikant V.G., & Hifjur R. 2005. Biodiesel Production from Mahua (*Madhuca indica*) Oil Having High Free Fatty Acids. *Jurnal Biomass and Bioenergy*. 28: 601-605
- Suparno O., Kartika I.A. & Muslich. 2009. Chamois Leather Tanning using Rubber Seed Oil. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*. 93 (4): 158-161. Bogor: Fakultas Teknik dan Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor
- Supeno M. 2007. *Bentonit Alam Terpilar sebagai Material Katalis/Co-Katalis Pembuatan Gas Hidrogen dan Oksigen dari Air*. Disertasi. Medan: Universitas Sumatera Utara