

## LEMBAR ABSTRAK

UDC (OSDC)

Sudradjat, Agung Marsubowo dan Karnita Yuniarti.

**Pengaruh Penggunaan Zeolit Sebagai Katalis Dalam Proses Esterifikasi Terhadap Rendemen Dan Kualitas Biodiesel Asal Minyak Jarak Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*)**

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan zeolit sebagai katalis pada proses esterifikasi minyak jarak pagar terhadap rendemen dan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa zeolit teraktivasi dengan kadar 3% (b/b) dari minyak yang diesterifikasi dapat menurunkan kadar asam lemak bebas dalam minyak secara signifikan sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut. Penggunaan ulang zeolit untuk proses esterifikasi minyak jarak pagar dapat menurunkan kualitas biodiesel yang dihasilkan.

Kata kunci: Zeolit, esterifikasi minyak jarak, rendemen biodiesel, kualitas biodiesel

*UDC (OSDC)*

*Sudradjat, Agung Marsubowo dan Karnita Yuniarti.*

*The Effect of Types and Amount of Zeolit Used During Esterification Process of Jatropha Oil on the Yield and Quality of Biodiesel*

*The experiment aims to assess the effect of using zeolite catalyst during the esterification process of jatropha oil on the yield and quality of biodiesel produced. The results showed that activated zeolite catalyst at level of 3% (b/b) from the esterified oil can be used to reduce the percentage of free fatty acid of the oil. The use of recycled zeolyte for esterification process of jatropha oil can decrease the quality of the produced biodiesel.*

*Keywords : Zeolite, esterification, jatropha oil, biodiesel yield, biodiesel quality*

**PENGARUH PENGGUNAAN KATALIS ZEOLIT DALAM  
ESTERIFIKASI TERHADAP RENDEMEN DAN KUALITAS  
BIODIESEL MINYAK JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* L.)  
( *The Effect of Types and Amount of Zeolit Used During Esterification  
Process of Jatropha Oil on the Yield and Quality of Biodiesel*)**

Oleh/By:

Sudradjat<sup>1</sup>, Agung Marsubowo<sup>2</sup>, & Karnita Yuniarti<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Pusat Litbang Hasil Hutan, Jl. Gunung Batu 5 PO BOX 182 Bogor 16610

Telp: 0251-8633378, Fax : 0251-8633413

<sup>2</sup> Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor

Gedung. Fateta Kampus IPB Darmaga PO.BOX 220 Bogor 16002

Telp : 0251-8621210; 8621219, Fax : 0251-623203

**E-mail** [fateta@fateta-ipb.ac.id](mailto:fateta@fateta-ipb.ac.id)

***ABSTRACT***

*In the biodiesel production processing stages, esterification process is applied to reduce the percentage of free-fatty acid contained inside jatropha oil. This process is usually carried out using liquid HCl and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> as process catalysts. Solid catalyst, such as zeolite, has a great potency to be further used in the esterification process of jatropha oil.*

*The experiment aims to assess the effect of using zeolite as catalyst for esterification process of jatropha oil on the yield and quality of biodiesel produced. The results obtained showed that activated zeolite at level of 3% (b/b) from the esterified oil can be used to reduce the percentage of free fatty acid of the oil. The recovery of zeolyte for esterification process of jatropha oil can be used but with an effect of decreasing quality of the produced biodiesel.*

*Keywords : Biodiesel, zeolite, esterification, jatropha oil, yield, quality*

## **ABSTRAK**

Esterifikasi merupakan salah satu tahapan dalam pembuatan biodiesel yang bertujuan untuk menurunkan nilai bilangan asam lemak bebas pada minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Pada umumnya proses esterifikasi dilakukan dengan menggunakan katalis asam cair seperti HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Katalis padat, seperti zeolit, berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut dalam proses esterifikasi minyak jarak pagar.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan zeolit sebagai katalis pada proses esterifikasi minyak jarak pagar terhadap rendemen dan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa zeolit teraktivasi dengan kadar 3% (b/b) dari minyak yang diesterifikasi memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai katalis pada proses esterifikasi minyak jarak pagar karena menurunkan kadar asam lemak bebas dalam minyak secara signifikan. Penggunaan ulang zeolit untuk proses esterifikasi minyak jarak pagar pada prinsipnya dapat dilakukan setelah zeolit dicuci dengan air atau alkohol, akan tetapi berpotensi menurunkan kualitas biodiesel yang dihasilkan.

**Kata kunci:** Biodiesel, zeolit, esterifikasi, rendemen, kualitas

## I. PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan senyawa monoester asam-asam lemak yang dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak nabati seperti minyak jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). Di sisi lain, umumnya minyak nabati mengandung kadar asam lemak bebas yang tinggi yang bila bereaksi dengan katalis basa dalam proses transesterifikasi dapat menurunkan rendemen biodiesel yang dihasilkan, menyebabkan proses menjadi inefisien dan memerlukan katalis dalam jumlah besar. Selain itu, sabun yang terbentuk akan menyulitkan dalam proses pencucian biodiesel lebih lanjut.

Penurunan bilangan asam atau kadar asam lemak bebas dalam biodiesel dapat dilakukan melalui proses esterifikasi. Menurut Sonntag (1981), proses esterifikasi terjadi bila asam lemak direaksikan dengan gliserol atau alkohol dan membentuk eter serta melepaskan molekul air. Contoh reaksi antara metanol dan asam lemak bebas adalah sebagai berikut :



Proses esterifikasi dapat dilakukan dengan atau tanpa menggunakan katalis. Pemberian katalis bertujuan untuk mempercepat reaksi yang terjadi. Jenis katalis yang umum digunakan adalah asam sulfat atau klorida cair. Pemakaian katalis asam cair tersebut umumnya sulit diterapkan untuk proses yang berlangsung kontinyu dan memerlukan pencucian tambahan untuk menghilangkan sisa katalis serta memisahkannya dari produk.

Di sisi lain, pemanfaatan katalis padat masih kurang diterapkan dalam proses esterifikasi. Salah satu katalis bentuk padat adalah zeolit yang sering dipakai dalam proses pengolahan minyak bumi dan petrokimia. Zeolit juga kini mulai digunakan sebagai katalis asam dalam reaksi konversi fenol menjadi benzena dan sikloheksana serta metil isobutil keton menjadi 4-metil 2-pentanol dan 2 metil pentana (Setyawan dan Handoko, 2003). Dalam upaya pemanfaatan zeolit sebagai katalis pada proses esterifikasi biodiesel asal minyak jarak, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan zeolit sebagai katalis pada proses esterifikasi minyak jarak pagar terhadap rendemen dan kualitas biodiesel yang dihasilkan.

## **II. BAHAN DAN METODE**

### **A. Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan adalah minyak jarak pagar, metanol, NaOH, zeolit, alkohol netral, larutan KOH 0,1N, larutan HCl 0,5N, larutan KOH dalam alkohol 0,5N, asam oksalat, asam fosfat 20%, asam asetat 0,01%, indikator fenolftalein (PP) dan *aquadest*.

Peralatan yang digunakan adalah labu leher tiga, neraca analitik, buret, pipa volumetrik, *hot plate stirrer*, pendingin tegak, termometer, piknometer, cawan alumunium, oven, viskosimeter, *stopwatch*, *centrifuge*, desikator, dan saringan plastik.

## **B. Metode**

Penelitian dilakukan dalam 3 tahapan. Tahap 1 adalah persiapan bahan baku yang meliputi pengecilan ukuran zeolit, pembentukan zeolit aktivasi dan *degumming* minyak jarak. Tahap 2 adalah penelitian pendahuluan yang bertujuan untuk mencari jenis dan jumlah zeolit untuk proses esterifikasi yang dapat menghasilkan minyak jarak pagar dengan nilai asam lemak rendah. Tahap 3 adalah penelitian lanjutan yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan ulang zeolit terpilih dalam proses esterifikasi minyak jarak pagar terhadap rendemen dan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Uraian kerja dan pengumpulan data yang dilakukan untuk masing-masing tahapan penelitian adalah sebagai berikut.

### **1. Persiapan bahan baku**

- (i) Pengecilan ukuran zeolit dimaksudkan untuk mempermudah pemakaian zeolit dalam proses kimia. Hal ini dilakukan dengan menumbuk zeolit menggunakan mortar sampai zeolit berbentuk serbuk halus. Zeolit tersebut kemudian disaring dengan saringan plastik berdiameter 0,1 mm.
- (ii) Pembuatan zeolit aktivasi dilakukan dengan memanaskan sebanyak 200 g zeolit alam yang telah halus dan disaring dalam tungku aktivasi pada suhu 750<sup>0</sup>C selama 4 jam. Selama proses pemanasan tersebut, uap air panas dialirkan ke dalam tungku aktivasi, lalu penurunan berat zeolit diukur sebagai nilai kadar bahan pengotor dan air zeolit. Zeolit aktivasi yang

dihasilkan kemudian dianalisa nilai-nilai pH, kadar air dan kapasitas tukar kation (KTK)-nya.

(iii) *Degumming* minyak jarak dimaksudkan untuk menghilangkan gum-gum dan senyawa fosfor yang terdapat dalam minyak. Hal ini dilakukan dengan memanaskan minyak diatas *hotplate stirrer* hingga mencapai suhu 80<sup>0</sup>C sambil terus diaduk dengan *magnetic stirrer*. Larutan asam fosfat 20% sebanyak 0,2-0,3% (v/b) kemudian ditambahkan dalam minyak dan pengadukan dilanjutkan selama 15 menit. Minyak kemudian dimasukkan ke dalam labu pemisah dan dicuci dengan air hangat. Pencucian dilakukan berulang-ulang sampai dengan air buangan mencapai pH netral. Air tersisa dalam minyak dipisahkan dengan cara menyentrifugasi minyak pada kecepatan 3500 rpm selama 5 menit.

## **2. Penelitian pendahuluan**

Jenis zeolit yang diuji adalah zeolit alam dan zeolit teraktivasi. Kadar zeolit yang diuji adalah 1, 2, dan 3% (b/b) dari jumlah minyak. Metanol yang digunakan adalah sebanyak 20:1 (rasio molar metanol terhadap jumlah asam lemak bebas minyak).

Minyak jarak sebanyak 100 g dipanaskan di dalam labu leher tiga, Campuran katalis dan metanol kemudian dimasukkan ke dalam labu dan kembali dipanaskan pada suhu 55-60<sup>0</sup>C selama 1 jam. Setelah proses esterifikasi selesai, dilakukan analisa nilai bilang asam dari minyak jarak pagar tersebut. Perlakuan yang



menghasilkan bilangan asam terendah akan digunakan dalam penelitian berikutnya.

### **3. Penelitian lanjutan**

Zeolit terpilih pada penelitian pendahuluan dicuci dengan menggunakan air atau alkohol, dan kemudian digunakan kembali dalam proses esterifikasi minyak jarak pagar lainnya. Setelah proses esterifikasi ini selesai, zeolit tersebut kemudian dicuci kembali menggunakan air atau alkohol dan dipakai ulang dalam proses esterifikasi minyak jarak yang lain.

Air yang digunakan dalam proses pencucian zeolit memiliki pH netral dan bersuhu  $50^{\circ}\text{C}$ , sedangkan alkohol yang digunakan adalah alkohol teknis. Volume air atau alkohol yang digunakan adalah 50 ml dan pencucian dilakukan dengan menggunakan gelas piala 100 ml. Zeolit yang akan dicuci direndam dalam larutan air atau alkohol dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Sisa air atau alkohol yang tersisa dalam zeolit kemudian diuapkan dengan cara memanaskan zeolit dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam. Kualitas minyak jarak yang dihasilkan dari proses esterifikasi tahap ini dan tahap penelitian pendahuluan (khusus yang menggunakan zeolit terpilih) dianalisa dengan menggunakan metode yang terdapat pada SNI 01-3555-1998 (Anonim, 1998) untuk penentuan parameter-parameter bilangan asam dan penyabunannya.

Minyak jarak hasil proses esterifikasi kemudian diolah dalam proses transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel. Proses transesterifikasi dilakukan pada suhu  $55\text{-}60^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam dengan menggunakan metanol dan katalis

NaOH. Komposisi metanol yang digunakan adalah 6:1 terhadap jumlah minyak yang diolah. Kadar NaOH yang digunakan adalah 1% dari jumlah minyak yang dipakai.

Biodiesel kemudian dipisahkan dari gliserol yang tersisa dalam labu pemisah selama 12 jam sebelum kemudian dicuci. Pencucian biodiesel kotor dilakukan dengan menggunakan asam asetat 0,01% dan dibilas dengan air hangat hingga diperoleh pH air buangan yang netral (7). Air yang masih tersisa dalam biodiesel kemudian dipisahkan dengan menyentrifugasi biodiesel pada kecepatan 3500 rpm selama 5 menit. Sisa metanol dihilangkan dengan memanaskan biodiesel dalam oven pada suhu 80<sup>0</sup>C selama 1 menit. Kualitas biodiesel yang diperoleh kemudian dianalisa menggunakan metode yang terdapat pada SNI 01-3555-1998 (Anonim, 1998) untuk penentuan parameter bilangan asam, penyabunan, dan densitas; serta ASTM D-445 (Anonim, 2006a) untuk penentuan viskositasnya. Penghitungan rendemen biodiesel dilakukan menggunakan rumus sbb:

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

### **C. Analisa Data**

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini ditabulasikan dan dianalisa secara deskriptif. Analisa statistik dilakukan untuk mengetahui jenis dan jumlah zeolit terbaik dalam proses esterifikasi yang akan menghasilkan minyak dengan nilai bilangan asam terendah, meliputi analisis ragam dengan rancangan acak

faktoial (2 faktor yaitu jenis dan jumlah zeolit) dan analisa lanjutan apabila hasil yang diperoleh sebelumnya menunjukkan pengaruh yang nyata.

Data kualitas biodiesel yang dihasilkan dari percobaan ini juga dibandingkan dengan Standar Biodiesel Indonesia (SNI 04-7182-2006) (Anonim, 2006b) (Tabel 1). Parameter yang dibandingkan adalah densitas, bilangan asam dan viskositas.

Tabel 1. Standar Biodiesel Indonesia (SNI 04-7182-2006) (Anonim, 2006b)

*Table 1. Indonesia Biodiesel Standard (SNI 04-7182-2006)*

<b>Parameter / Parameters</b>	<b>Standar Biodiesel / Biodiesel Standards</b>
Densitas 40 <sup>0</sup> C (g/ml) / <i>Density</i>	0,85-0,89
Bilangan asam (mg KOH/g) / <i>Acid number</i>	Maks 0,8
Viskositas 40 <sup>0</sup> C (cSt)/ <i>Viscosity</i>	2,3-6

### **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Jenis dan Jumlah Zeolit Terbaik untuk Proses Esterifikasi Minyak Jarak Pagar**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penggunaan zeolit dalam proses esterifikasi minyak jarak ternyata mempengaruhi nilai bilangan asam yang terkandung dalam minyak yang diolah. Tabel 2 menunjukkan nilai bilangan asam dari minyak jarak murni dan yang telah mengalami proses esterifikasi dengan menggunakan 2 jenis zeolit sebagai katalisnya. Minyak jarak yang telah diesterifikasi memiliki kadar bilangan asam antara 8,76 – 12,36 mg KOH/g

sampel, dan lebih rendah dibandingkan dengan minyak jarak pagar murni yang mengandung asam lemak bebas sekitar 12,52 mg KOH/g.

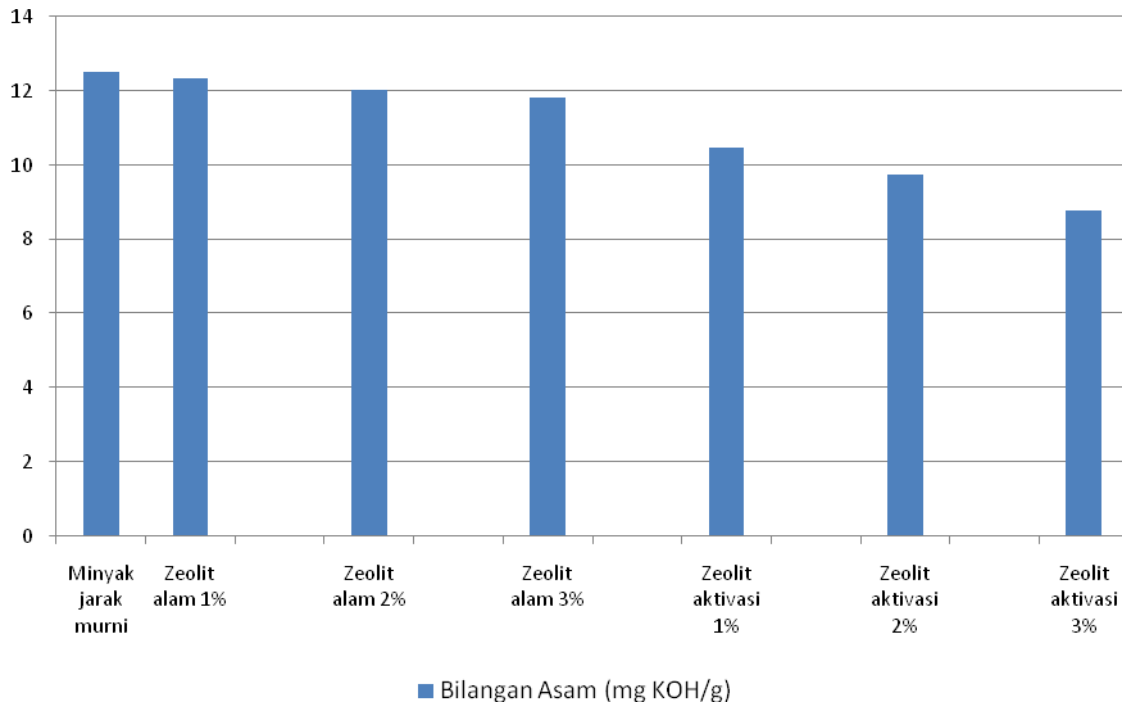
Analisa sidik ragam lebih lanjut menunjukkan bahwa jenis dan kadar zeolit yang dipakai memiliki pengaruh yang nyata terhadap penurunan bilangan asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak jarak pagar (Lampiran 1a). Zeolit aktivasi umumnya lebih efektif dibandingkan zeolit alam dalam menghasilkan minyak dengan nilai bilangan asam yang rendah. Semakin tinggi kadar zeolit, maka semakin rendah nilai bilangan asam yang diperoleh (Gambar 1). Berdasarkan analisa lanjutan (Lampiran 1b), diperoleh hasil bahwa zeolit pada kadar 3% (b/b) dari jumlah minyak yang diesterifikasi dapat menurunkan nilai bilangan asam lemak bebas lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain.

Tabel 2. Nilai bilangan asam minyak jarak murni dan yang telah diesterifikasi dengan zeolit sebagai katalisnya.

Table 2. Acid number of pure *jatropha* oil and that previously esterified with zeolites

<b>Perlakuan/Treatments</b>	<b>Bilangan asam (mg KOH/g sampel)*/Acid number</b>
Minyak jarak murni / <i>Pure jatropha oil</i>	12,52
Minyak jarak yang diesterifikasi dengan katalis zeolit / <i>jatropha oil esterified with zeolite catalyst:</i>	
a. Alam, konsentrasi 1% (b/b) terhadap minyak/ <i>Natural, concentration 1% (w/w) from the oil amount</i>	12,36
b. Alam, konsentrasi 2% (b/b) terhadap minyak/ <i>Natural, concentration 2% (w/w) from the oil amount</i>	12,04
c. Alam, konsentrasi 3% (b/b) terhadap minyak/ <i>Natural, concentration 3% (w/w) from the oil amount</i>	11,81
d. Aktivasi, konsentrasi 1% (b/b) terhadap minyak/ <i>Activated, concentration 1% (w/w) from the oil amount</i>	10,49
e. Aktivasi, konsentrasi 2% (b/b) terhadap minyak/ <i>Activated, concentration 2% (w/w) from the oil amount</i>	9,74
f. Aktivasi, konsentrasi 3% (b/b) terhadap minyak/ <i>Activated, concentration 3% (w/w) from the oil amount</i>	8,76

Keterangan : \* nilai rata-rata dari 2 ulangan



Gambar 1. Bilangan asam minyak jarak murni dan hasil esterifikasi dengan katalis zeolit alam atau aktivasi  
*Figure 1. Acid number of pure jatropha oil and that previously esterified with natural and/or activated zeolites*

Tabel 3 menunjukkan perbedaan karakteristik zeolit alam dan zeolit aktivasi yang digunakan untuk proses esterifikasi minyak jarak pagar. Mengingat tidak terdapat perbedaan pada proses esterifikasi yang digunakan kecuali pada jenis dan jumlah zeolit yang digunakan, maka diasumsikan perbedaan karakteristik antara zeolit yang digunakan memberikan kontribusi terhadap perbedaan nilai bilangan asam dalam minyak hasil esterifikasi yang diperoleh.

Tabel 3. Karakteristik zeolit alam dan teraktivasi

*Table 3. Characteristics of natural and activated zeolites*

<b>Karakteristik/Characteristics</b>	<b>Satuan/Unit</b>	<b>Zeolit Alam/Natural zeolites</b>	<b>Zeolit Aktivasi/Activated zeolites</b>
Kadar air/ <i>Moisture content</i>	% berat	4,7	0,19
PH/ <i>Acidity</i>	-	6,53	6,05
Kapasitas tukar kation (KTK)/ <i>Ion exchange capacity</i>	Meq/100g	54,62	72,62

### **B. Pengaruh Penggunaan Zeolit dalam Proses Esterifikasi Minyak Jarak terhadap Rendemen dan Kualitas Biodiesel**

Bentuk zeolit yang padat membuatnya akan mudah dipisahkan dari produk akhir dan dapat digunakan ulang untuk proses esterifikasi kembali. Akan tetapi, belum diketahui bagaimana pengaruh penggunaan ulang zeolit terhadap rendemen dan kualitas biodiesel yang akan diproduksi.

Tabel 4 menunjukkan nilai rendemen dan beberapa parameter kualitas biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak jarak yang sebelumnya diesterifikasi dengan menggunakan zeolit aktivasi sebagai katalis dengan kadar 3% (b/b) dari jumlah minyak. Pada tabel ini juga ditunjukkan rendemen dan kualitas biodiesel hasil transesterifikasi minyak jarak pagar yang sebelumnya diesterifikasi dengan menggunakan zeolit aktivasi yang telah dicuci ulang dengan air atau alkohol.

Tabel 4. Rendemen dan kualitas biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak jarak pagar yang sebelumnya diesterifikasi dengan katalis zeolit aktivasi dengan kadar 3% (b/b) dari jumlah minyak yang digunakan

Table 4. The yield and quality of biodiesel produced during the transesterification process of jatropha oil that were previously esterified using activated zeolites catalyst at a level of 3% (w/w) of the processed oil

Sampel (Samples)	Rendemen / Yield	Bilangan Asam/ Acid value	Bilangan penyabunan/ Soaping value	Viskositas (Viscosity)	Densitas (Density)
	%/berat	mg KOH/g	mg KOH/g	cSt	g/ml
Minyak jarak murni / Pure jatropha oil	-	12,54	198,26	24,37	0,91
Biodiesel dari minyak hasil esterifikasi dengan katalis zeolit/ <i>Biodiesel from oil esterified with zeolite catalyst</i>	79,33	2,02	210,4	2,98	0,87
Biodiesel dari minyak hasil esterifikasi dengan katalis zeolit yang dicuci ulang dengan air/ <i>Biodiesel from oil esterified with re-used zeolite catalyst ( previously washed with water)</i>	75,56	2,26	208,71	3,33	0,87
Biodiesel dari minyak hasil esterifikasi dengan katalis zeolit yang dicuci ulang dengan alkohol/ <i>Biodiesel from oil esterified with re-used zeolite catalyst (previously washed with alkohol)</i>	78,78	2,06	209,81	3,32	0,87
Biodiesel dari minyak hasil esterifikasi dengan katalis zeolit yang dicuci ulang dengan air untuk ke-2 kali/ <i>Biodiesel from oil esterified with re-used zeolite catalyst ( previously washed with water for 2nd times)</i>	70,04	3,17	201,93	3,69	0,88
Biodiesel dari minyak hasil esterifikasi dengan katalis zeolit yang dicuci ulang dengan alkohol untuk ke-2 kali/ <i>Biodiesel from oil esterified with re-used zeolite catalyst (previously washed with alkohol for 2nd times)</i>	69,39	2,28	203,6	3,52	0,88



Sebagaimana terlihat pada Tabel 4, penggunaan ulang zeolit untuk proses esterifikasi minyak jarak akan menyebabkan penurunan rendemen, peningkatan nilai bilangan asam, peningkatan viskositas maupun densitas dari biodiesel yang diperoleh. Di sisi lain, hal ini juga berpotensi menurunkan nilai bilangan penyabunan biodiesel yang diperoleh.

Kualitas biodiesel ditentukan oleh kemurnian senyawa metil ester di dalamnya. Kontaminan seperti asam lemak bebas dapat menyebabkan permasalahan pada saat pemakaian biodiesel seperti menyebabkan timbulnya kerak pada mesin atau menyumbat saluran injeksi (Knothe 2006) ataupun mempengaruhi nilai densitas biodiesel yang dihasilkan. Parameter lainnya yang menentukan kualitas biodiesel adalah viskositas dan bilangan penyabunan. Menurut Knothe *et al* (2004), viskositas biodiesel yang tinggi dapat mengganggu alat injeksi mesin kendaraan dan cenderung menghasilkan deposit pada tangki pembakaran. Adapun bilangan penyabunan mengindikasikan nilai kandungan senyawa intermediat (mono- dan digliserida) dan senyawa trigliserida yang tidak bereaksi. Keberadaan senyawa-senyawa intermediat dan trigliserida dalam biodiesel dapat menyebabkan penyumbatan pada alat injeksi mesin (Knothe, 2006).

Apabila dibandingkan dengan Standar Biodiesel Indonesia yang telah ada (Tabel 1), maka biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki densitas dan viskositas yang memenuhi batas standar yang ditetapkan. Di sisi lain, nilai bilangan asam yang dikandung masih di atas standar yang berlaku. Hal ini diduga dikarenakan masih tingginya kandungan asam lemak bebas dalam minyak yang

dihasilkan dari proses esterifikasi dengan katalis zeolit aktivasi sebagaimana disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Bilangan asam minyak jarak hasil proses esterifikasi dengan katalis zeolit aktivasi pada kadar 3% (b/b) dari jumlah minyak

*Table 5. Acid number of jatropha oil that has been previously esterified using activated zeolite catalyst at a level of 3% (w/w) of the processed oil*

<b>Sampel/ samples</b>	<b>Bilangan Asam/ Acid value</b>
	<b>mg KOH/g</b>
Minyak jarak (kondisi awal)/ <i>Jatropha oil</i>	12,54
Minyak hasil esterifikasi dengan katalis zeolit/ <i>Oil previously esterified using zeolite catalyst</i>	9,02
Minyak hasil esterifikasi dengan katalis zeolit yang dicuci ulang dengan air / <i>Oil previously esterified using re-used zeolite catalyst (previously washed with water)</i>	9,71
Minyak hasil esterifikasi dengan katalis zeolit yang dicuci ulang dengan alkohol / <i>Oil previously esterified using zeolite catalyst (previously washed with alcohol)</i>	9,11
Minyak hasil esterifikasi dengan katalis zeolit yang dicuci ulang dengan air untuk ke-2 kali / <i>Oil previously esterified using zeolite catalyst (previously washed with water for 2nd times)</i>	10,46
Minyak hasil esterifikasi dengan katalis zeolit yang dicuci ulang dengan alkohol untuk ke-2 kali / <i>Oil previously esterified using zeolite catalyst (previously washed with alcohol for 2nd times)</i>	10,05

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

1. Zeolit alam mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai katalis asam dan peningkatan kemampuan katalitiknya dapat dilakukan melalui proses aktivasi dengan cara pemanasan.
2. Penggunaan zeolit aktivasi sebagai katalis proses esterifikasi minyak jarak dengan kadar 3% (b/b) dari jumlah minyak memberikan kualitas produk dengan nilai bilangan asam terendah.
3. Penggunaan ulang zeolit aktivasi pada proses esterifikasi minyak jarak pada prinsipnya dapat dilakukan, akan tetapi berpotensi menurunkan kualitas biodiesel yang dihasilkan lebih lanjut.
4. Kualitas biodiesel yang dihasilkan pada umumnya sudah memenuhi Standar Biodiesel Indonesia, kecuali untuk nilai bilangan asamnya.
5. Untuk pengembangan zeolit sebagai katalis pada proses esterifikasi minyak jarak pagar lebih lanjut, modifikasi zeolit perlu dilakukan sebagaimana halnya pencarian waktu reaksi dan jumlah zeolit yang optimum serta variasi bahan pencuci zeolit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1998. SNI 01-3555-1998 : Cara Uji Minyak dan Lemak. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Anonim. 2006a. ASTM D445: Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity). ASTM International.
- Anonim. 2006b. SNI 04-7182-2006 : Standar Syarat Mutu Biodiesel. Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi. Departemen Pertambangan dan Energi.
- Knothe, G., J.V. Gerpen dan J. Krahl. 2004. The Biodiesel Handbook. AOCS Press. Illinois.
- Knothe, G. 2006. Analyzing biodiesel : standards and other methods. Journal American Oil Chemical Society Vol.83 No.10: 823-833. USA.
- Setyawan dan P. Handoko. 2003. Aktivitas katalis Cr-Zeolit dalam reaksi konversi katalitik fenol dan metil isobutil keton. Jurnal Ilmu Dasar Vol. 4 No.2: 70-76. IPB.
- Sonntag, N. 1981. *Fat splitting, esterification, and interesterification*. Dalam *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* Vol.II. John Wiley and Sons. New York.

Lampiran 1. Analisa statistik pengaruh jenis dan jumlah zeolit sebagai katalis proses esterifikasi minyak jarak pagar

*Appendix 1. Statistical analysis on the effect of types and amount of used as catalyst in the esterification process of jatropha oil*

a. Analisis sidik ragam (*Analysis of Variance*)

Sumber variasi ( <i>Source of variation</i> )	Dk ( <i>Degree of freedom</i> )	JK ( <i>Sum of squares</i> )	KT ( <i>Mean of squares</i> )	F-hit ( <i>F-calculated</i> )	F <sub>0,01</sub>	F <sub>0,05</sub>
Jenis zeolit, <i>Types of zeolit (A)</i>	1	17,328	17,328	172,992*	13,75	5,99
Jumlah zeolit, <i>Amount of zeolit (B)</i>	2	2,591	1,295	12,933*	10,92	5,14
Interaksi AB, <i>Interaction AB</i>	2	0,705	0,352	3,519	10,92	5,14
Galat, <i>Error</i>	6	0,601	0,1			
Total	11	21,225				

- b. Tes Duncan untuk perlakuan jumlah katalis (*Duncan test to investigate the effect of catalyst amount*)

Jumlah katalis ( <i>Catalyst amount</i> )*	N	Subset $\alpha=0,05$	
		1	2
B3	4	10,2850	
B2	4		10,8875
B1	4		11,4225

Keterangan (*Remarks*) : B3=3% b/b; B2= 2% b/b; B1= 1% b/b