

PENGARUH KADAR METANOL, JUMLAH KATALIS, DAN WAKTU REAKSI PADA PEMBUATAN BIODIESEL DARI LEMAK SAPI MELALUI PROSES TRANSESTERIFIKASI

M. Faizal*, Ulfa Maftuchah, Wika Atro Auriyani

*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km. 32 Indralaya, OI, Sumatera Selatan 30662
E-mail : faizal_ga58@yahoo.co.id

Abstrak

Ketersediaan bahan bakar minyak konvensional yang berasal dari fosil dalam beberapa dekade terakhir telah mengalami penyusutan. Selain itu polusi akibat emisi pembakaran bahan bakar fosil telah menjadi ancaman yang cukup serius. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif ramah lingkungan sebagai pengganti bahan bakar diesel yang dihasilkan dari sumber dapat diperbarui seperti minyak nabati dan lemak hewan. Minyak nabati, lemak hewan maupun minyak bekas direaksikan dengan alkohol melalui reaksi transesterifikasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kadar metanol, jumlah katalis dan waktu reaksi terhadap jumlah biodiesel yang dihasilkan. Bahan baku berupa lemak sapi cair direaksikan dengan metanol menggunakan katalis basa natrium hidroksida (NaOH). Transesterifikasi berlangsung didalam labu leher tiga yang telah dilengkapi dengan refluks kondensor, *magnetic stirrer* dan termometer pada temperatur 55-60°C selama 30 menit dan 60 menit. Variasi kadar metanol sebanyak 30% dan 40% dari bahan baku dengan jumlah katalis NaOH yang digunakan adalah 0,8% dan 1,0% dari bahan baku. Berat biodiesel terbanyak diperoleh pada kadar metanol sebesar 40% dengan 0,8% katalis NaOH pada waktu reaksi 30 menit. Spesifikasi biodiesel yang dihasilkan telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Kata Kunci : Biodiesel, Lemak Sapi, Transesterifikasi

Abstract

Availability of the conventional fuels oil from fossils in the recent decades have been limited. In addition, the pollution caused by emissions of fossil fuel combustion has become a serious threat. Biodiesel is one of the green energy alternative fuels as a substitute for diesel fuel produced from renewable sources such as vegetable oils and animal fats. Vegetable oils, animal fats or waste oil is reacted with an alcohol through the transesterification reaction. This research is done to determine the effect of methanol concentration, the amount of catalyst and reaction time on the amount of biodiesel produced. Raw materials in the form of liquid beef fat is reacted with methanol using sodium hydroxide base catalyst. Transesterification was carried out in a three necked spherical pyrex vessel equipped with reflux condenser, magnetic stirrer and a thermometer at a temperature of 55-60°C for 30 minutes and 60 minutes. Variations of methanol content are 30% and 40% from the raw material with amount of NaOH catalyst used was 0.8% and 1.0% from the raw material. Most biodiesel obtained weight at the rate of 40% methanol with 0.8% NaOH catalyst at reaction time of 30 minutes. The biodiesel properties were comparable to Indonesian National Standard (SNI).

Keywords: Biodiesel, Beef Tallow, Transesterification

1. PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk telah meningkatkan kebutuhan sarana transportasi dan aktifitas industri yang berakibat pada peningkatan kebutuhan dan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) nasional. Sementara ketersediaan bahan bakar minyak konvensional yang berasal dari fosil dalam beberapa dekade terakhir telah mengalami penyusutan.

Selain itu polusi akibat emisi pembakaran bahan bakar fosil ke lingkungan telah menjadi ancaman yang cukup serius. Pemakaian bahan bakar fosil memiliki dampak negatif bagi kesehatan. Hal ini disebabkan karena bahan bakar fosil menghasilkan emisi gas buang NO_x , SO_x , CO, partikel-partikel padat dan komponen organik volatil (VOC_s) (Marchetti dan Errazu, 2008).

Dalam mengatasi krisis energi tersebut serta mengurangi dampak negatif bagi lingkungan, maka

saat ini banyak peneliti melakukan penelitian untuk menemukan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar diesel yang dibuat dari sumber yang dapat diperbarui seperti minyak nabati dan lemak hewan. Dibandingkan dari bahan bakar fosil, biodiesel mempunyai kelebihan, diantaranya bersifat *biodegradable*, *non-toxic*, mempunyai angka emisi CO₂ dan gas sulfur yang rendah dan sangat ramah terhadap lingkungan (Marchetti dan Errazu, 2008).

Salah satu dari pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan menggunakan lemak hewan, seperti lemak sapi yang memiliki harga yang murah dan sering tidak dikonsumsi lagi, sedangkan tingkat konsumsi daging sapi di Indonesia nomor dua setelah daging ayam dilihat dari konsumsi daging menurut jenis daging per kapita.

Lemak sapi dapat disimpan untuk waktu reaksi yang lama tanpa perlu pencegahan dan disimpan dalam tempat kedap udara untuk mencegah terjadinya oksidasi (Affandi, dkk., 2013).

Asam Lemak

Asam lemak merupakan asam organik yang terdiri atas rantai hidrokarbon lurus yang pada satu ujung mempunyai gugus karboksil (COOH) dan pada ujung lain gugus metil (CH₃). Asam lemak dibedakan menurut jumlah karbon yang dikandungnya, yaitu asam lemak rantai pendek (6 atom karbon atau kurang), rantai sedang (8 hingga 18 karbon), rantai panjang (14-18 karbon), dan rantai sangat panjang (20 atom karbon atau lebih) (Almatsier, 2004).

Berdasarkan penelitian sebelumnya tentang karakteristik lemak hewani (ayam, sapi dan babi) hasil analisa FTIR dan GCMS, maka pada tabel di bawah ini dapat dilihat komposisi asam lemak pada lemak ayam, sapi dan babi.

Tabel 1. Komposisi asam lemak pada lemak ayam, lemak sapi dan lemak babi

Asam Lemak	Persentase asam lemak (%)		
	Lemak ayam	Lemak sapi	Lemak babi
Asam Kaprilat C8:0	td	td	0.01
Asam Kaprat C10:0	td	td	0.04
Asam Laurat C12:0	td	0.34	0.1
Asam Miristat C14:0	0.74	4.36	1.07
Asam Palmitoetat C16:1	7.01	1.40	1.78
Asam Palmitat	27.24	29.40	7.01

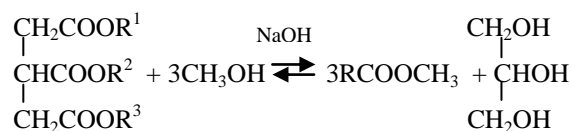
C16:0

Asam Margarta C17:0	Td	1.74	0.5
Asam Linoleat C18:2	16.36	1.17	24.94
Asam Oleat C18:1	38.35	20.53	40.74
Asam Stearat C18:0	5.56	31.26	13.95
Asam Arakidonat C20:4	0.87	td	0.43
Asam Eikosenat C20:1	0.41	td	td
Asam Arakat C20:0	td	0.33	0.3

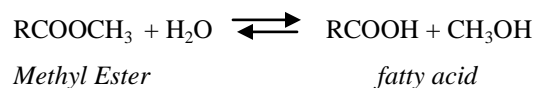
(Sumber : Sandra Hermanto dan Anna Muawanah, 2008)

Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi antara trigliserida dengan alkohol membentuk metil ester asam lemak (FAME) dan gliserol sebagai produk samping. Persamaan umum reaksi transesterifikasi ditunjukkan di bawah ini :



Trigliseride Methanol Methyl Ester Glycerol



Proses transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor penting antara lain :

1. Lama Reaksi

Semakin lama waktu reaksi semakin banyak produk yang dihasilkan karena keadaan ini akan memberikan kesempatan terhadap molekul-molekul reaktan untuk bertumbukan satu sama lain. Namun setelah kesetimbangan tercapai tambahan waktu reaksi tidak mempengaruhi reaksi, melainkan dapat menyebabkan produk berkurang karena adanya reaksi balik, yaitu metil ester terbentuk menjadi trigliserida (Affandi, dkk., 2013).

2. Rasio perbandingan alkohol dengan minyak

Rasio molar antara alkohol dengan minyak sangat mempengaruhi dengan metil ester yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan maka konversi ester yang dihasilkan akan bertambah banyak. Perbandingan molar antara alkohol dan minyak nabati yang biasa digunakan dalam proses industri untuk mendapatkan produksi metil ester

yang lebih besar dari 98% berat adalah 6 : 1 (Freedman et al., 1984).

3. Jenis katalis

Katalis berfungsi untuk mempercepat reaksi dan menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi dapat berlangsung pada suhu kamar sedangkan tanpa katalis reaksi dapat berlangsung pada suhu 250°C, katalis yang biasa digunakan dalam reaksi transesterifikasi adalah katalis basa seperti kalium hidroksida (KOH) dan natrium hidroksida (NaOH). Reaksi transesterifikasi dengan katalis basa akan menghasilkan konversi minyak nabati menjadi metil ester yang optimum (94% - 99%) dengan jumlah katalis 0,5% - 1,5% bb minyak nabati (Darnoko, D., 2000).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen dengan reaksi satu tahap, yaitu reaksi transesterifikasi. Bahan baku yang digunakan adalah lemak sapi dan metanol dengan katalis basa natrium hidroksida (NaOH). Variabel bebas yang digunakan adalah kadar metanol, jumlah katalis dan waktu reaksi yang ditempuh pada reaksi transesterifikasi.

Tabel 2. Variabel Penelitian

<i>Sampel ke-</i>	<i>Kadar Metanol (%)</i>	<i>Jumlah Katalis NaOH (%)</i>	<i>Waktu Reaksi (menit)</i>
1	30	0,8	30
2	30	0,8	60
3	30	1,0	30
4	30	1,0	60
5	40	0,8	30
6	40	0,8	60
7	40	1,0	30
8	40	1,0	60

Catatan : Jumlah % dari massa lemak sapi

Lemak sapi dicuci dan dipisahkan dari kotorannya lalu diiris kecil-kecil. Selanjutnya lemak sapi dimasak di atas kompor sambil diaduk-aduk, hingga lemak mencair. Setelah lemak mencair, dimasukkan ke dalam corong pemisah untuk memisahkan lemak dan air. Untuk menghilangkan kadar air lebih lanjut, lemak sapi yang telah cair di oven pada temperatur 110°C selama 1 jam.

Proses transesterifikasi dilakukan didalam labu leher tiga yang telah dilengkapi refluks kondensor, *magnetic stirrer* dan termometer. Rangkaian peralatan dapat dilihat pada gambar 1. Penelitian ini menggunakan 100 gram lemak sapi dengan suhu reaksi 55-60°C.

Hasil dari proses transesterifikasi berupa metil ester yang telah melewati proses pencucian berkali-kali hingga pH produk dari masing-masing sampel netral. Setelah diperoleh metil ester, selanjutnya metil ester tersebut dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur 110°C selama 1 jam untuk menghilangkan kadar air yang masih tersisa. Kemudian metil ester disaring menggunakan kertas saring *whatman* agar diperoleh metil ester yang benar-benar jernih sebelum dilakukan analisa. Uji analisa yang dilakukan adalah derajat keasaman, densitas, viskositas, dan angka asam.



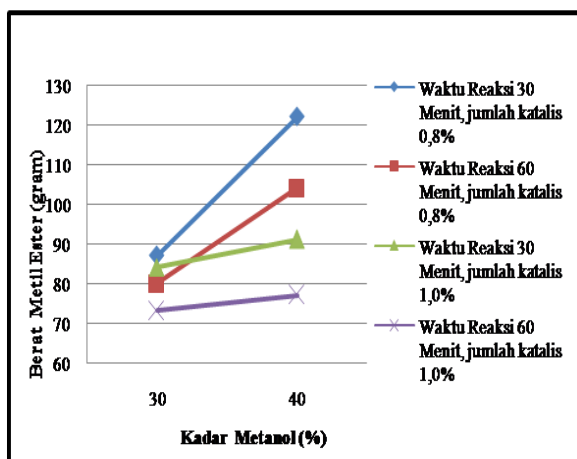
Gambar 1. Rangkaian Peralatan Transesterifikasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan metil ester yang dihasilkan berbanding lurus dengan kadar metanol dan berbanding terbalik dengan jumlah katalis dan waktu reaksi. Uji analisa menunjukkan biodiesel dari lemak sapi memenuhi persyaratan kualitas biodiesel sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. SNI-04-7182-2006.

Pengaruh Kadar Metanol terhadap Berat Metil Ester

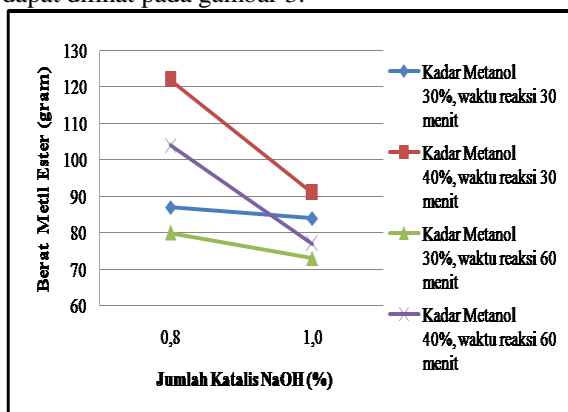
Dari gambar 2 menunjukkan bahwa semakin banyak metanol yang digunakan maka akan semakin banyak metil ester yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat dari gambar di atas yang menunjukkan adanya peningkatan berat metil ester dari kadar metanol 30% menuju kadar metanol 40%, baik pada saat jumlah katalis NaOH 0,8% maupun jumlah katalis 1,0%.



Gambar 2. Hubungan antara kadar metanol terhadap berat metil ester

Pengaruh Jumlah Katalis NaOH terhadap Berat Metil Ester

Hubungan antara jumlah katalis terhadap berat metil ester dengan variasi kadar metanol 30% dan 40% pada waktu reaksi 30 menit dan 60 menit dapat dilihat pada gambar 3.

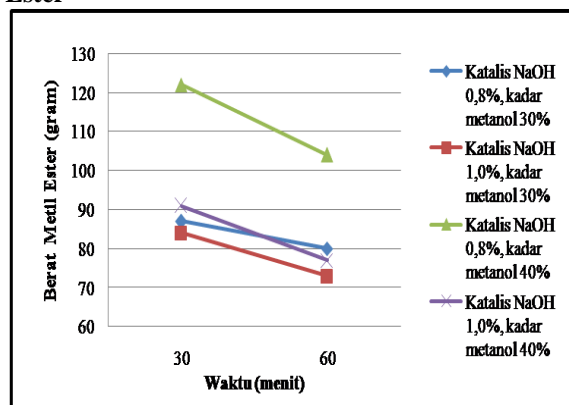


Gambar 3. Hubungan antara jumlah katalis terhadap berat metil ester

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa jumlah katalis 0,8% dapat menghasilkan metil ester yang lebih banyak dibandingkan jumlah katalis 1,0%. Setiap kondisi baik kadar metanol 30% maupun 40% pada waktu 30 menit dan 60 menit mengalami penurunan saat jumlah katalis 1,0%.

Semakin besar jumlah katalis basa yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi pada pembuatan metil ester, maka akan menyebabkan jumlah metil ester yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh reaksi berlebih dari katalis dengan trigliserida yang membentuk sabun dan menghasilkan produk samping berupa gliserol yang lebih banyak. Pembentukan sabun terlihat dari hasil transesterifikasi yang keruh pada sampel dengan jumlah katalis yang lebih banyak.

Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Berat Metil Ester



Gambar 4. Hubungan antara waktu reaksi terhadap berat metil ester

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa semakin cepat waktu reaksi maka biodiesel yang dihasilkan semakin banyak.

Waktu reaksi yang berlebih dapat menyebabkan penurunan berat metil ester yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan adanya reaksi balik (*reversible*) dari transesterifikasi yang menyebabkan terbentuknya sabun sehingga waktu reaksi yang semakin lama tidak menjamin akan menghasilkan produk yang lebih banyak.

Metil ester yang paling banyak dihasilkan dari kedelapan sampel dapat dilihat pada grafik di atas yaitu pada kondisi kadar metanol 40% dengan jumlah katalis 0,8% dalam waktu 30 menit. Dari 100 gram bahan baku dapat menghasilkan 122 gram biodiesel.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai produksi biodiesel dari lemak sapi, yield maksimum yang dihasilkan adalah 95,67% pada suhu 50°C dengan waktu reaksi 30 menit dan katalis NaOH 0,8% (Affandi, dkk., 2013).

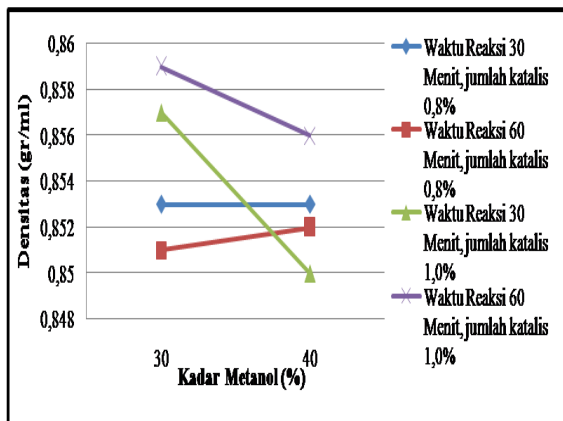
Hasil Analisa Densitas

Tabel 3. Data Hasil Analisa Densitas Biodiesel dari Lemak Sapi

Sampel (T=40°C)	Densitas (gram/ml)
1	0,853
2	0,851
3	0,857
4	0,859
5	0,853
6	0,852
7	0,850
8	0,856

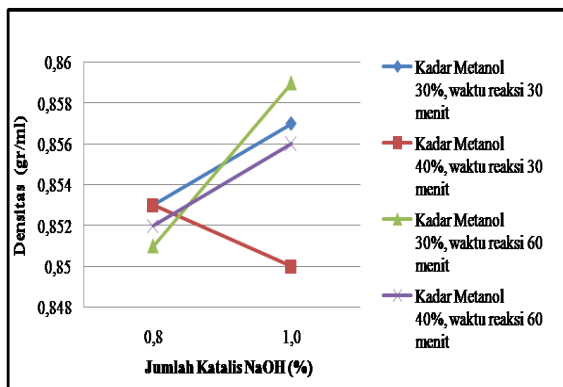
Pengaruh kadar metanol, jumlah katalis NaOH dan waktu reaksi terhadap densitas biodiesel

dari lemak sapi dapat dilihat masing-masing pada gambar 3.4., 3.5. dan 3.6. Densitas biodiesel yang ditunjukkan pada ketiga gambar tersebut memiliki densitas yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan oleh pengaruh dari tahap pemurnian. Tahap pemurnian yang kurang baik akan menyebabkan densitas dari biodiesel bervariasi (Affandi, dkk., 2013).



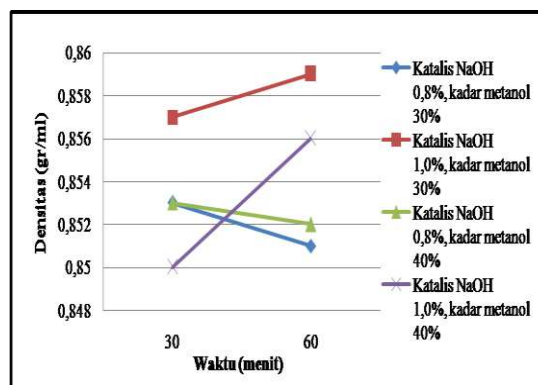
Gambar 5. Hubungan antara kadar metanol terhadap densitas metil ester

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa semakin besar kadar metanol maka semakin kecil densitas dari biodiesel yang dihasilkan. Hal ini terlihat dari penurunan grafik pada gambar 3.4. Semakin besar kadar metanol maka semakin sedikit gliserol yang dihasilkan sehingga semakin sedikit zat-zat pengotor pada biodiesel yang menyebabkan densitasnya lebih rendah dibandingkan dengan kadar metanol yang lebih sedikit. Adanya penyimpangan grafik yang tidak semuanya mengalami penurunan disebabkan oleh pemurnian yang dilakukan pada saat pencucian biodiesel.



Gambar 6. Hubungan antara jumlah katalis terhadap densitas metil ester

Pada gambar 6 dapat dilihat adanya peningkatan densitas biodiesel seiring dengan pertambahan jumlah katalis NaOH. Semakin banyak jumlah katalis yang digunakan pada pembuatan biodiesel, maka semakin besar densitas dari produk biodiesel yang dihasilkan. Jumlah katalis basa yang lebih banyak mendorong terjadinya reaksi penyabunan. Hal ini dapat menimbulkan zat-zat sisa atau pengotor dari reaksi yang tidak terkonversi menjadi metil ester akan menyebabkan densitas metil ester semakin besar. Penggunaan katalis basa yang lebih sedikit akan menghasilkan metil ester dengan densitas yang lebih rendah.



Gambar 7. Hubungan antara waktu reaksi terhadap densitas metil ester

Pada gambar 7 menunjukkan hubungan antara waktu reaksi terhadap densitas metil ester yang dihasilkan. Semakin cepat waktu reaksi maka akan menghasilkan metil ester yang lebih banyak sehingga lebih sedikit gliserol yang dihasilkan dan kemungkinan dari zat-zat sisa yang tidak terkonversi menjadi metil ester serta zat pengotor lainnya.

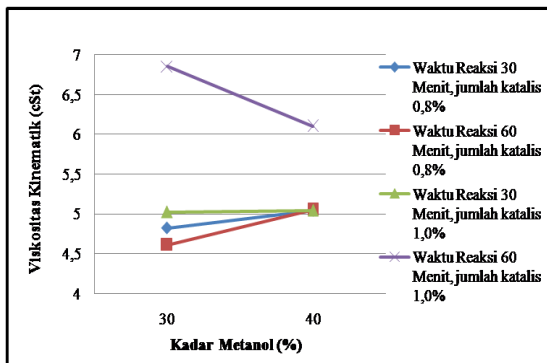
Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI-04-7182-2006), densitas biodiesel yang diukur pada suhu 40°C adalah 850-890 kg/m³ atau sama halnya dengan 0,850-0,890 gr/ml. Hasil analisa densitas pada tiap-tiap sampel dapat dilihat pada tabel 4.2. dari berbagai variasi diperoleh densitas yang berkisar antara 0,850-0,859 gr/ml atau 850-859 kg/m³, sehingga biodiesel dari lemak sapi ini memenuhi standar densitas biodiesel.

Hasil Analisa Viskositas

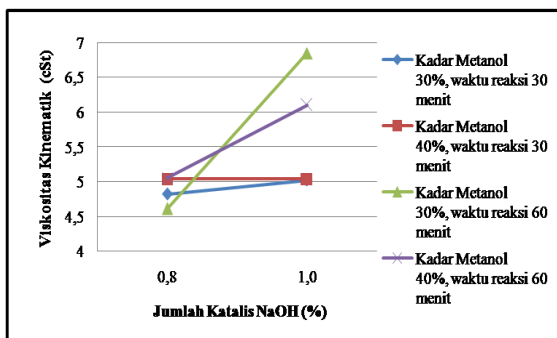
Pengaruh kadar metanol, jumlah katalis NaOH dan waktu reaksi terhadap viskositas kinematik metil ester dapat dilihat pada gambar 8, 9, dan 10

Tabel 4. Data Hasil Analisa Viskositas Biodiesel dari Lemak Sapi

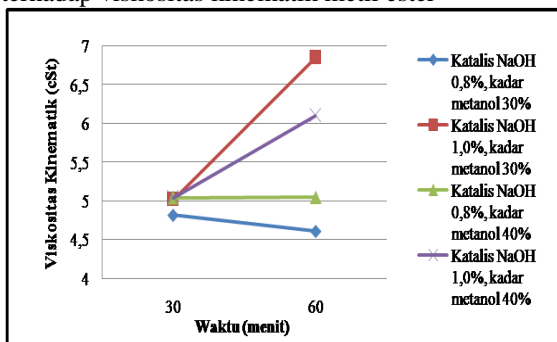
Sampel (T=40°C)	Viskositas (cSt)
1	4,82
2	4,61
3	5,02
4	6,85
5	5,04
6	5,05
7	5,04
8	6,10



Gambar 8. Hubungan antara kadar metanol terhadap viskositas kinematik metil ester



Gambar 9. Hubungan antara jumlah katalis terhadap viskositas kinematik metil ester



Gambar 10. Hubungan antara waktu reaksi terhadap viskositas kinematik metil ester

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI-04-7182-2006), viskositas kinematik biodiesel yang diukur pada suhu 40°C adalah 2,3 – 6,0 cSt.

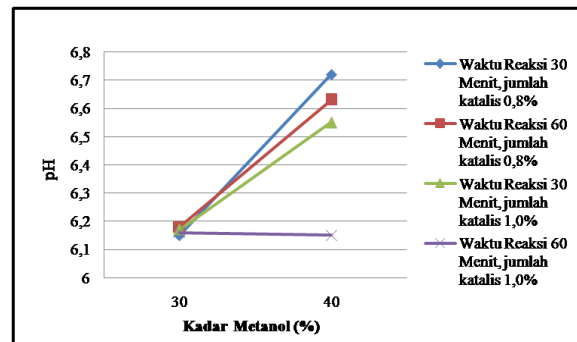
Hasil analisa viskositas pada tiap-tiap sampel dari berbagai variasi diperoleh viskositas berkisar antara 4,82 – 6,85 cSt. Ada dua sampel yang melewati dari standar viskositas kinematik biodiesel. Hal ini bukan berarti biodiesel tersebut tidak memenuhi standar kinematik biodiesel, melainkan kesalahan dalam menghitung waktu alir dari kecepatan biodiesel yang melewati viskosimeter Ostwald serta terhalangnya biodiesel untuk mengalir yang disebabkan oleh tersumbatnya biodiesel untuk mengalir pada alat yang belum steril dibersihkan.

Penurunan nilai dari densitas menyebabkan nilai viskositas akan semakin kecil. Selain itu, nilai viskositas mengalami penurunan yang disebabkan oleh semakin lamanya waktu reaksi serta semakin meningkatnya temperatur (Wahyuni, A., 2010).

Analisa Derajat Keasaman (pH)

Tabel 5. Data Hasil Analisa Derajat Keasaman Biodiesel dari Lemak Sapi

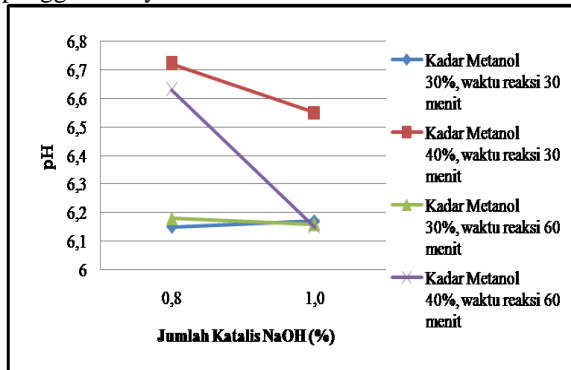
Sampel (T = 25°C)	pH
1	6,15
2	6,18
3	6,17
4	6,16
5	6,72
6	6,63
7	6,55
8	6,15



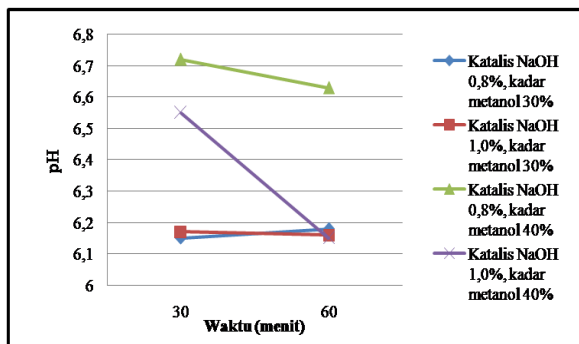
Gambar 11. Hubungan antara kadar metanol terhadap pH metil ester

Semakin kecil pH dari produk biodiesel maka asam lemak yang terkandung dalam biodiesel semakin besar. Hal ini dapat menyebabkan korosi pada mesin diesel jika digunakan biodiesel dengan pH yang tinggi. Derajat keasaman (pH) yang diperoleh dari tiap-tiap sampel berada di atas 6. Hal ini menunjukkan biodiesel yang dihasilkan berada pada kondisi netral dimana biodiesel tersebut dapat digunakan dan aman digunakan karena asam lemak sudah berkurang melalui reaksi transesterifikasi dengan

katalis basa NaOH. Oleh karena itu, biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar untuk penggunaannya.



Gambar 12. Hubungan antara jumlah katalis terhadap pH metil ester



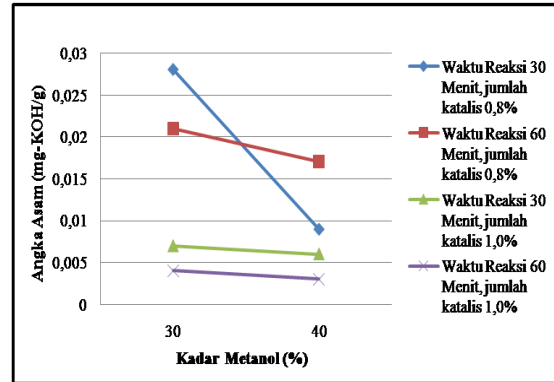
Gambar 13. Hubungan antara waktu reaksi terhadap derajat keasaman (pH) metil ester

Hasil Analisa Angka Asam

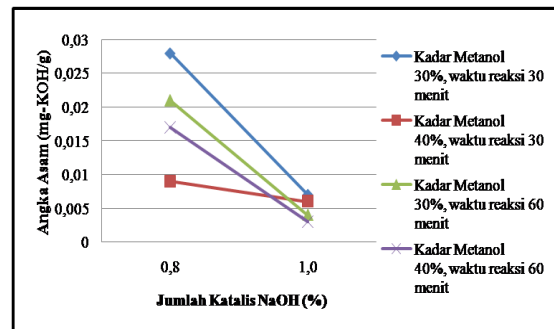
Tabel 6. Data Angka Asam Biodiesel dari Lemak Sapi

Sampel (T = 40°C)	Angka Asam
1	0,028
2	0,021
3	0,007
4	0,004
5	0,009
6	0,017
7	0,006
8	0,003

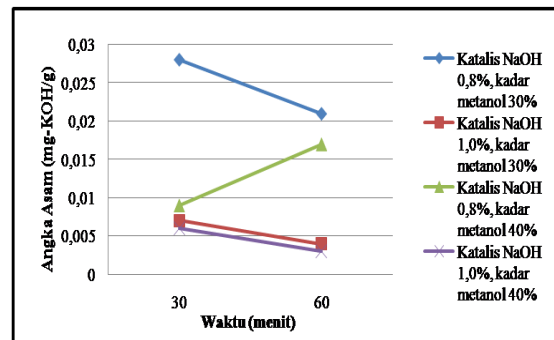
Semakin kecil angka asam maka akan semakin baik kualitas dari biodiesel. Angka asam berhubungan dengan pH dari masing-masing produk biodiesel. Semakin besar pH terutama berkisar antara 6 hingga 7, yaitu menuju netral maka semakin kecil angka asam serta semakin baik metil ester yang dihasilkan. Hubungan antara kadar metanol, jumlah katalis NaOH dan waktu reaksi terhadap angka asam metil ester yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 3.13., 3.14. dan 3.15.



Gambar 14. Hubungan antara kadar metanol terhadap angka asam metil ester



Gambar 15. Hubungan antara jumlah katalis terhadap angka asam metil ester



Gambar 16. Hubungan antara waktu reaksi terhadap angka asam metil ester

Berdasarkan SNI-04-7182-2006, angka asam dari biodiesel adalah maksimal 0,8 mg-KOH/g. Dari hasil penelitian dengan berbagai variabel diperoleh angka asam berkisar 0,003 sampai 0,028 mg-KOH/g. Hal ini menunjukkan hasil penelitian memenuhi standar angka asam biodiesel.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Semakin banyak kadar metanol yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi, maka metil ester yang dihasilkan akan bertambah banyak.

2. Semakin sedikit katalis basa yang digunakan pada reaksi transesterifikasi, maka semakin banyak jumlah metil ester yang dihasilkan karena katalis basa yang berlebih akan menyebabkan reaksi penyabunan.
3. Semakin cepat waktu reaksi maka akan semakin banyak metil ester yang dihasilkan karena peningkatan waktu reaksi dapat menyebabkan reaksi balik kembali menjadi trigliserida.
4. Kondisi terbaik dari pembuatan biodiesel dari lemak sapi dengan reaksi transesterifikasi terhadap berat biodiesel yang dihasilkan, yaitu pada kadar metanol sebesar 40% dengan 0,8% katalis NaOH pada waktu 30 menit, menghasilkan 122 gram biodiesel setiap 100 gram lemak sapi.
5. Metil ester yang dihasilkan dari lemak sapi dengan reaksi transesterifikasi memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) berdasarkan analisa densitas, viskositas, pH dan angka asam.

Saran

1. Perlu dilakukan analisa lanjutan menggunakan alat GLC (*Gas Liquid Chromatography*) untuk mengetahui komposisi metil ester yang terbentuk dari hasil penelitian.
2. Bahan baku lemak sapi disimpan didalam tempat tertutup rapat yang kedap udara untuk mencegah terjadinya oksidasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, R.D.N., dkk. 2013. *Produksi Biodiesel dari Lemak Sapi dengan Proses Transesterifikasi dengan Katalis Basa NaOH*. Jurnal Teknik Kimia USU. Vol. 2. No. 1.
- Almatsier, S. 2004. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Bangun, N. 2008. *Dimetil Ester Rantai Cabang Sebagai Energi Biodiesel Hasil Turunan Asam Oleat Minyak Kelapa Sawit*. Laporan Hasil Penelitian. Universitas Sumatera Utara.
- Budiyanto, M. Agus Krisno. 2002. *Dasar-dasar Ilmu Gizi*. Malang : UMM Press.
- Darnoko D dan M Cheryan. 2000. *Kinetics of Palm Oil Transesterification in a Batch Reactor*. J. Of Am Oil Chem Soc 77 : 1263 – 1267.
- Demam, J.M. 1997. *Kimia Makanan*. Bandung : Penerbit ITB.
- Forum Biodiesel Indonesia. 2006. *Persyaratan Kualitas Biodiesel Menurut SNI-04-7182-2006*. Tim Penebar Swadaya.
- Freedman B, Pryde EH, Mounts TL. 1984. *Variables Affecting The Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils*. J. Am. Oil Chem. Soc., 61 (10): 1638–1643.
- Fukuda, H., A. Kondo, and H.Noda. 2001. *Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils*, dalam: J. Biosci. Bioeng. Vol. 92. 405-416.
- Hendartono, T. 2005. *Pemanfaatan Minyak dari Tumbuhan Untuk Pembuatan Biodiesel*. www.Biodiesel.org. diakses pada tanggal 23 Juli 2013.
- Hermanto, Sandra dan Anna Muawanah. 2008. *Profil dan Karakteristik Lemak Hewani (Ayam, Sapi dan Babi) Hasil Analisa FTIR dan GCMS*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Cetakan Pertama. Jakarta : UI-Press.
- Knothe, G.H. 2005. *Dependence of Biodiesel Fuel Properties on The Structure of Fatty Acid Alkyl Esters*. Fuel Processing Technology. 86 (10) : 1059-1070.
- Marchetti, J.M. and Errazu, A.F. 2008. *Comparison of Different Heterogeneous Catalysts and Different Alcohols For The Etherification Reaction of Oleic Acid*. Fuel. 87. 3477-3480.
- Sudarmadji, S. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta : Liberti.
- Wahyuni, Ade. 2010. *Karakteristik Mutu Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Berdasarkan Perlakuan Tingkat Suhu yang Berbeda Menggunakan Reaktor Sirkulasi*. http: www.scribd.com/doc/44827668/Pengaruh Suhu dan waktu terhadap Kualitas Biodiesel. Diakses pada tanggal 6 Juni 2013.
- Widyastuti, L. 2007. *Reaksi Metanolisis Minyak Biji Jarak Pagar Menjadi Metil Ester Sebagai Bahan Bakar Pengganti Minyak Diesel dengan Menggunakan Katalis*

KOH. Skripsi. Jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang.

Wijaya, Karna dan Hasanudin. 2010. *Preparasi Biodiesel dan Biofuel Fraksi Bensin dari Minyak Nabati Segar dan Bekas serta*

Lemak Hewani yang Terkatalisis oleh Montmorillonit dan Zeolit Termodifikasi. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Universitas Gadjah Mada.