



# Prosiding

**SEMINAR NASIONAL *BASIC SCIENCE VI***

*Sains Membangun Karakter dan Berpikir Kritis  
Untuk Kesejahteraan Masyarakat*

*Ambon, 07 Mei 2014*

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PATTIMURA  
AMBON**

Hak cipta dilindungi Undang-Undang

Cetakan I, Agustus 2014

Diterbitkan oleh: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura

ISBN: 978-602-97552-1-2

Deskripsi halaman sampul : Gambar yang ada pada cover adalah kumpulan benda-benda langit dengan berbagai fenomena

## PENGARUH BERAT KATALIS, SUHU DAN WAKTU REAKSI TERHADAP PRODUK BODIESEL DARI LEMAK SAPI

I Wayan Sutapa\*, Rosmawaty

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura

\*email: wayansutapa@fmipa.unpatti.ac.id

### ABSTRACT

Biodiesel synthesis has been done from beef tallow through two step, esterification and transesterification reactions. Esterification process is using  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M as a catalyst, methanol 1:9, temperature of 60-65°C, and for 3 hours. After separated between methanol and triglyceride, then proceed to the process of transesterification. To obtain the optimum reaction conditions then used some transesterification process variables, there are: the weight percentage catalyst of KOH between 0.1, 0.5, 1; 1.5, and 2%, the reaction time of 1-5 hours and the reaction temperature between 50 -70 °C. Optimum conditions of transesterification reaction for the synthesis of biodiesel derived from beef tallow with KOH catalyst is as follows: the weight percentage of 1% KOH catalyst, the reaction time of 3 hours and the reaction temperature of 65 °C. The results of physical testing of biodiesel fuel by ASTM method includes specific density of 0.8675 g/cm<sup>3</sup>, kinematic viscosity of 4.971 mm<sup>2</sup>/s, flash point of 134.5°C, pour point of 27°C, the Conradson carbon residue of 0.018%, and the copper corrosion-pieces of 1B.

**Keywords:** *biodiesel, beef tallow, KOH, methanol, transesterification*

### PENDAHULUAN

Meningkatnya populasi manusia di bumi mengakibatkan kebutuhan akan energi semakin meningkat pula. Bahan bakar minyak bumi adalah salah satu sumber energi utama yang banyak digunakan berbagai negara di dunia pada saat ini. Kebutuhan bahan bakar ini selalu meningkat, seiring dengan penggunaannya di bidang industri maupun transportasi. Setiap hari jutaan barel minyak mentah bernilai jutaan dolar dieksploitasi tanpa memikirkan bahwa minyak tersebut merupakan hasil dari proses evolusi alam yang berlangsung selama ribuan bahkan jutaan tahun yang lalu dan tidak bisa diperbaharui (*unrenewable*), sehingga untuk memperoleh bahan bakar minyak bumi dalam waktu yang singkat menjadi tidak mungkin. Besarnya kebutuhan akan minyak bumi yang tidak diimbangi ketersediaan kuantitasnya membuat harga minyak sangat mahal. Selain itu, muncul berbagai dampak buruk yang diakibatkan efek rumah kaca sehingga mendorong usaha penemuan bahan bakar alternatif yang dapat mengurangi dampak tersebut (Elisabeth dan Haryati, 2001).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menggantikan atau melengkapi bahan bakar yang berasal dari bahan bakar fosil seperti diesel adalah mengembangkan suatu energi alternatif yang disebut dengan biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak tumbuhan dan minyak hewan yang telah dikonversi menjadi bentuk metil ester asam lemak yang ramah lingkungan sehingga dapat membantu ketersediaan minyak diesel. Biodiesel pada umumnya diproduksi melalui proses transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek (umumnya metanol) dengan bantuan katalis. Biodiesel yang dihasilkan

harus memiliki harga yang lebih murah serta proses produksi yang ramah lingkungan, agar dapat bersaing dengan minyak diesel dari fosil (Ma dan Hanna, 1999; Knothe, 2010; Zhang dkk., 2003; Leung dkk., 2010;).

Biodiesel tergolong bahan bakar yang dapat diperbaharui. Akan tetapi, kendala baru yang sedang dihadapi dalam pengembangan produk biodiesel adalah suplai bahan baku. Keterbatasan bahan baku minyak tumbuhan yang dimiliki, karena hampir tidak mungkin untuk meningkatkan produksi dengan memperluas areal penanaman. Disisi lain perubahan diet manusia yang cenderung untuk mengurangi konsumsi bahan makanan berlemak akan berdampak menghasikan lemak hewani yang lebih besar. Maka pada penelitian ini akan digunakan bahan baku biodiesel yang bersumber dari lemak sapi.

Penggunaan katalis dalam proses pembuatan biodiesel sangat diperlukan, karena diharapkan dapat meningkatkan produksi biodiesel baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Adanya katalis asam diharapkan dapat membantu dalam reaksi esterifikasi dan katalis basa dapat membantu dalam reaksi transesterifikasi. Tetapi dalam penggunaan katalis juga perlu diperhatikan, karena jika penggunaan katalis terlalu banyak dinilai kurang ekonomis dan semakin banyaknya katalis yang digunakan belum tentu dapat meningkatkan produksi biodiesel, untuk itu perlu mengoptimalkan penggunaan katalis dalam proses pembuatan biodiesel (Satyani, 2007).

Enchinar dkk. (2002) telah mempelajari pengaruh jenis dan konsentrasi katalis, dalam hal ini katalis basa terhadap konversi biodiesel melalui reaksi transesterifikasi dalam media etanol. Penggunaan katalis divariasi dari 0 % hingga 1,5 % dengan selisih 0,25 % yang menunjukkan hasil pada konsentrasi 1 % diperoleh konversi biodiesel optimum, karena di atas 1 % terjadi penurunan konversi. Hikmah dan Zuliyana (2010) telah mempelajari pengaruh lama waktu dan suhu reaksi transesterifikasi terhadap hasil konversi biodiesel dari minyak dedak dengan katalis NaOH dan pelarut metanol. Transesterifikasi dilakukan dengan variasi waktu operasi 60; 75; 90; 105; dan 120 menit, jumlah katalis 1,5; 1,75; 2; 2,25; dan 2,5 % w/w, dan suhu operasi 40; 45; 50; 55; dan 60 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu optimum transesterifikasi adalah 120 menit dengan konsentrasi katalis NaOH 1,75 % w/w dan suhu 60°C.

De fretes (2012) telah mempelajari pengaruh penggunaan katalis NaOH dengan variasi 0,04%; 0,05%; 0,1%; 0,2%; dan 0,3% dari jumlah minyak dan metanol dalam pembuatan biodiesel dari lemak sapi. Kondisi optimum diperoleh pada pada penggunaan katalis 0,2 %.

Berdasarkan uraian di atas maka pada penelitian ini dilakukan kajian produksi biodiesel dengan bahan baku minyak hewani dan mengoptimalkan penggunaan katalis, waktu dan suhu transesterifikasi.

---

## METODE PENELITIAN

### **Alat Penelitian.**

Satu set alat refluks *pyrex*, Alat-alat gelas *pyrex*, Pemanas listrik *Mammert*, Pengaduk magnet (*Science Ware*), Neraca analitik, Oven (*Memert*), Vakum Evaporator *Buchii*, Termometer 1000°C, Kromatografi Gas-Spektrometer Massa (GC-MS), Alat – alat uji ASTM.

### **Bahan Penelitian**

Lemak sapi, Metanol (p.a.), KOH (*merck*), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (*merck*), Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> *anhidrous*, Indikator phenolftalein, Kertas saring wathman 40, akuades.

### **Prosedur Kerja**

#### **Preparasi Lemak Sapi**

Lemak sapi dipanaskan pada suhu 120°C untuk menguapkan air. Setelah dipanaskan selanjutnya lemak cair didekantasi untuk memisahkan pengotor padatan yang terlarut.

#### **Penentuan Asam Lemak Bebas**

Lemak sapi yang telah dibersihkan diambil sebanyak 20 gram dicampurkan dengan metanol kemudian dipanaskan selama 20 menit pada suhu 65°C. Kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan beberapa tetes indikator Fenolftalein kemudian dititrasi dengan menggunakan KOH 0,1N sampai tepat warna merah jambu kemudian dihitung kandungan asam lemak bebasnya.

#### **Sintesis Biodiesel Melalui Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi**

Lemak sapi yang telah dipanaskan dan bersih dimasukkan ke dalam alat refluks, kemudian diesterifikasi asam lemak bebasnya dengan metanol (perbandingan minyak dan metanol 1:9) dan ditambahkan dengan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M. Campuran direfluks pada temperatur 60-65 °C selama 3 jam. Hasilnya terbentuk 2 lapisan, yaitu campuran metanol dan metil ester pada lapisan bagian atas dan trigliserida pada lapisan bagian bawah. Kemudian trigliserida ditransesterifikasi dengan metanol (perbandingan minyak dan metanol 1:12) dan ditambahkan dengan katalis basa alkali KOH dengan variasi berat 0,1; 0,5; 1; 1,5; dan 2 % dari berat campuran. Campuran direfluks kembali pada temperatur 60-65 °C selama 2 jam. Campuran hasil reaksi didinginkan dan terbentuk 2 lapisan, yaitu berturut-turut dari atas ke bawah metil ester, gliserol. Lapisan metil ester dan gliserol dipisahkan dengan menggunakan corong pisah. Kemudian metil ester dievaporasi untuk menghilangkan sisa metanol. Metil ester selanjutnya dicuci dengan akuades dalam corong pisah untuk melarutkan sisa gliserol. Langkah terakhir adalah dengan penambahan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat untuk mengikat sisa-sisa air, kemudian disaring dengan kertas saring Whatman 40. Prosedur kerja yang sama dilakukan pada variasi waktu

transesterifikasi selama 1, 2, 3, 4, dan 5 jam, dan juga variasi suhu 50, 55, 60, 65, dan 70 °C. Kemudian dilakukan sintesis biodiesel pada kondisi optimum yang telah diperoleh.

### **Karakterisasi Metil Ester**

Metil ester yang dihasilkan pada kondisi optimum kemudian dikarakterisasi dengan GC-MS, dan metode ASTM. Karakteristik biodiesel yang dianalisis dengan metode ASTM adalah kerapatan spesifik 60/60 °F (ASTM D 1298), viskositas kinematik 40°C (ASTM D 445), titik tuang (ASTM D 97), titik nyala (ASTM D 93), sisa karbon Conradson (ASTM D 189), dan korosi kepingan tembaga (ASTM D 130).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Sintesis Biodiesel**

#### **Preparasi Lemak Sapi**

Sampel yang digunakan dalam proses ini adalah lemak sapi. Sebelum dilakukan proses esterifikasi terlebih dahulu sampel dipreparasi. Preparasi sampel dalam hal ini lemak sapi dilakukan dengan cara pemanasan dan dekantasi. Dari 1500 g gajih yang dipreparasi maka dapat dihasilkan 763,98 g lemak sapi.

#### **Reaksi Esterifikasi**

Proses esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan metanol dengan sampel (lemak sapi), perbandingan 1:9 dengan asumsi bahwa berat molekul lemak sapi adalah 863,73 g/mol dan dibantu juga dengan katalis asam sulfat 1 M. Proses refluks dilakukan pada suhu 60-65°C yaitu pada suhu mendekati titik didih metanol dan dilakukan selama 3 jam. Hasilnya terbentuk 2 lapisan yaitu campuran metanol dan metil ester pada lapisan bagian atas dan trigliserida pada lapisan bagian bawah. Kedua lapisan tersebut dipisahkan dan diambil bagian bawah (trigliserida) untuk selanjutnya ditransesterifikasi. Sedangkan bagian atas akan digabungkan dengan metil ester hasil proses transesterifikasi.

Proses esterifikasi dilakukan terlebih dahulu, agar kandungan asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*) yang terdapat dalam minyak hewan berkurang. Dari hasil perhitungan diperoleh kandungan asam lemak bebas dalam lemak sapi sebesar 7,45 %, sehingga perlu dilakukan dua proses reaksi yaitu proses esterifikasi dan proses transesterifikasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mastutik (2006) yang menyatakan bahwa minyak atau lemak yang memiliki kandungan asam lemak bebas tinggi seperti minyak jelantah (2-7 %) dan lemak hewan (5-30 %) perlu dilakukan dua langkah reaksi yaitu dengan katalis asam dan katalis basa untuk mengatasi asam lemak bebas yang tinggi dalam memproduksi biodiesel.

Dengan dilakukannya proses esterifikasi maka kadar asam lemak bebasnya semakin kecil. Semakin kecilnya kadar asam lemak, maka sabun yang terbentuk semakin sedikit dan

hasil metil ester yang diperoleh semakin besar. Proses esterifikasi ini bertujuan untuk mengubah asam karboksilat dengan bantuan katalis asam yang dapat membentuk ester dan hasil samping dari reaksi ini terbentuknya air. Dari hasil samping berupa air tersebut dapat diatasi dengan menggunakan metanol berlebih, yang mana air yang terbentuk akan larut dalam metanol dan tidak menghambat proses reaksi. Selain itu, metanol juga dapat menghambat laju hidrolisis dalam suasana basa terhadap ester, karena metanol dalam bentuk ion metoksida bereaksi cepat dengan trigliserida menghasilkan metil ester. Katalis asam sulfat yang digunakan dalam reaksi esterifikasi ini berfungsi untuk meningkatkan proses konversi asam lemak bebas menjadi ester, karena dengan katalis asam proses reaksi esterifikasi dapat berlangsung dengan cepat. Pada reaksi esterifikasi ini tidak menghasilkan sabun, karena tidak melibatkan logam alkali (Saefudin, 2005).

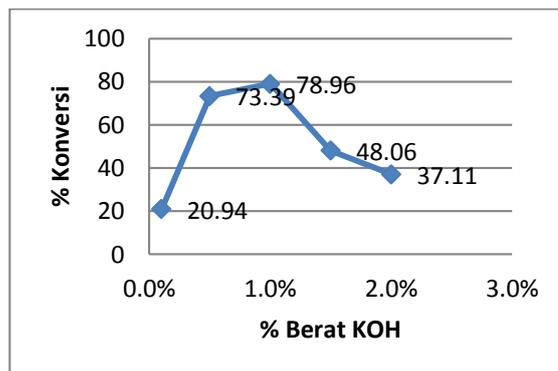
### **Reaksi Transesterifikasi**

Setelah proses esterifikasi selesai, kemudian dilanjutkan dengan proses transesterifikasi tanpa adanya pencucian. Hal ini dikarenakan lemak hewan mudah membentuk padat pada suhu kamar. Pada proses transesterifikasi katalis yang digunakan adalah katalis basa homogen KOH dengan variasi 0,1; 0,5; 1; 1,5; dan 2% dari jumlah minyak dan metanol. Perbandingan metanol terhadap minyak pada proses ini lebih besar dibandingkan dengan proses esterifikasi yaitu 1:12 karena jumlah trigliserida yang akan diubah menjadi metil ester lebih besar dari asam lemak bebas yang diubah menjadi metil ester.

Proses transesterifikasi dilakukan dengan cara direfluks pada suhu mendekati titik didih metanol yaitu 60-65 °C selama 2 jam. Hasil yang diperoleh berupa 2 lapisan yaitu metil ester pada lapisan atas dan gliserol pada lapisan bawah. Hasil dari reaksi transesterifikasi dipisahkan dengan menggunakan corong pisah, setelah dipisahkan kemudian metil ester dievaporasi pada suhu sesuai dengan titik didih metanol. Ketika proses pencucian dengan akuades lebih mudah karena tidak banyak terjadi emulsi dan tidak membutuhkan waktu yang lama dalam proses pencucian. Pada lapisan atas pencucian berupa metil ester dan lapisan bawah yaitu air dan gliserol yang larut dalam air. Selanjutnya metil ester hasil pemisahan dari air ditambahkan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat yang berfungsi untuk mengikat air yang masih terdapat dalam metil ester. Kemudian dilakukan penyaringan dengan kertas saring Whatman 40 dan didapat metil ester.

### **Pengaruh Berat Katalis KOH Terhadap Hasil pada Proses Transesterifikasi**

Untuk mempelajari pengaruh berat katalis KOH pada reaksi transesterifikasi dilakukan dengan memvariasikan berat katalis KOH yaitu 0,1; 0,5; 1; 1,5; dan 2 %, sedangkan suhu dan waktu dibuat tetap yaitu 60-65 °C dan 2 jam. Dari penelitian yang dilakukan, jika disajikan dalam bentuk grafik, diperoleh hasil seperti pada Gambar 1 berikut :

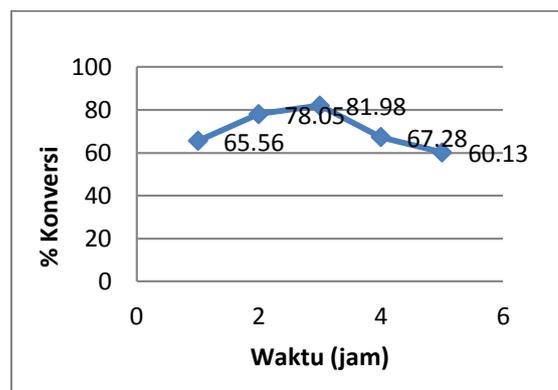


Gambar 1. Grafik hubungan antara berat katalis KOH dan hasil pada proses transesterifikasi

Dari grafik pada Gambar 1 terlihat bahwa dengan bertambahnya konsentrasi katalis maka konversi biodiesel cenderung meningkat. Konversi biodiesel katalis tertinggi didapat pada penggunaan katalis KOH 1 % yaitu 78,96 %. Pada penggunaan katalis KOH lebih rendah dari 1% biodiesel yang dihasilkan belum maksimal sedangkan pada penggunaan katalis lebih dari 1 % terjadi penurunan konversi biodiesel. Adanya penurunan tersebut mengindikasikan jumlah katalis yang digunakan telah berlebih. Kelebihan katalis dapat mengakibatkan berkurangnya hasil biodiesel. Hal ini disebabkan karena pemakaian katalis yang berlebih dapat mengakibatkan terjadinya reaksi saponifikasi (Julia, 2007).

### **Pengaruh Waktu Terhadap Hasil pada Proses Transesterifikasi**

Untuk mempelajari pengaruh waktu reaksi transesterifikasi dilakukan dengan memvariasikan waktu reaksi yaitu 1, 2, 3, 4, dan 5 jam, sedangkan suhu dan berat katalis KOH dibuat tetap yaitu 60-65 °C dan 1 % b/b. Dari penelitian yang dilakukan, jika disajikan dalam bentuk grafik, diperoleh hasil seperti pada Gambar 2 berikut :



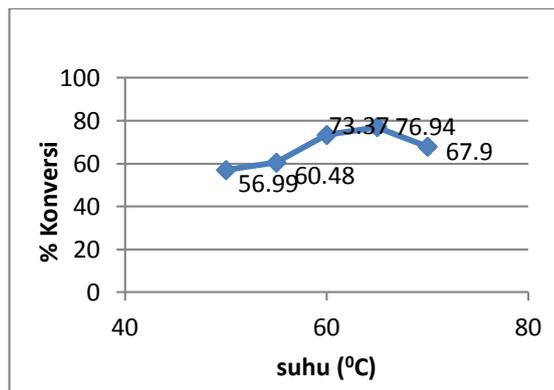
Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu dan hasil pada proses transesterifikasi

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa konversi biodiesel optimum diperoleh pada proses transesterifikasi dengan waktu reaksi 3 jam yaitu 81,98%. Semakin lama waktu transesterifikasi maka konversi yang dihasilkan semakin besar, hal ini karena akan memberikan

kesempatan reaktan untuk bertumbukan satu sama lain lebih lama sehingga kinerja katalis akan lebih maksimal, tetapi penggunaan waktu yang terlalu lama juga dapat mengurangi efektifitas transesterifikasi karena dapat mengakibatkan terjadinya reaksi balik (Hikmah dan Zuliyana, 2010).

### **Pengaruh Suhu Terhadap Hasil pada Proses Transesterifikasi**

Untuk mempelajari pengaruh suhu reaksi transesterifikasi dilakukan dengan memvariasikan suhu reaksi yaitu 50, 55, 60, 65, dan 70 °C, sedangkan waktu dan berat katalis KOH dibuat tetap yaitu 3 jam dan 1 % b/b. Dari penelitian yang dilakukan, jika disajikan dalam bentuk grafik, diperoleh hasil seperti pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Grafik hubungan antara suhu dan hasil pada proses transesterifikasi

Dari grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu reaksi yang dioperasikan sampai dengan 65°C, maka konversi biodiesel semakin besar. Hal ini terjadi karena dengan naiknya suhu, maka tumbukan antar partikel semakin besar, sehingga reaksi berjalan semakin cepat dan konstanta reaksi semakin besar. Tetapi pada suhu yang melebihi titik didih metanol (65°C), terjadi penurunan konversi biodiesel. Penurunan konversi biodiesel ini disebabkan oleh hilangnya sebagian metanol karena penguapan (Julia, 2007).

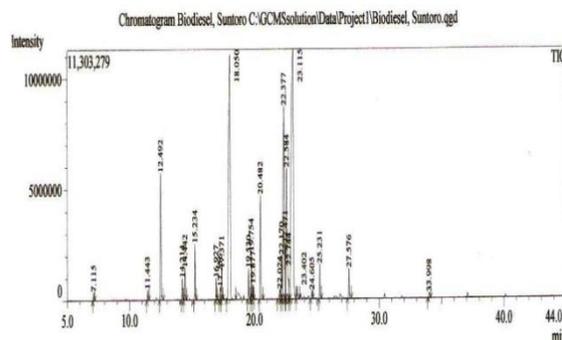
### **Karakterisasi Biodiesel**

#### **Analisis Hasil Biodiesel Dengan GC – MS**

Biodiesel hasil reaksi esterifikasi dengan menggunakan katalis asam,  $H_2SO_4$  dan reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa, KOH kemudian dilakukan analisis GC-MS. Tujuannya adalah agar dapat mengetahui jenis metil ester yang terkandung dalam biodiesel dari lemak sapi yang dihasilkan melalui dua proses reaksi, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi.

Berdasarkan data GC-MS, maka berbagai jenis metil ester yang ada pada biodiesel dapat ditentukan. Puncak yang terlebih dahulu keluar adalah ester dengan rantai karbon yang pendek. Setelah itu diikuti dengan rantai karbon yang lebih panjang. Kolom (fasa diam) yang digunakan bersifat non polar, sedangkan secara umum ester bersifat polar. Ester rantai pendek bersifat lebih polar dari pada ester rantai panjang. Sesuai hukum *like dissolve like*

ester dengan rantai yang lebih panjang akan tertahan dalam kolom sedangkan ester rantai pendek akan lolos bersama fasa gerak keluar dari kolom. Kandungan metil ester hasil analisis GC-MS pada biodiesel lemak sapi dapat ditunjukkan pada Gambar 9 dan Tabel 3 berikut ini:



Gambar 9. Kromatogram metil ester dari lemak sapi

Pada Gambar 9, kromatogram hasil pengujian GC-MS menunjukkan adanya 26 puncak tetapi hanya 22 puncak yang terdeteksi sebagai metil ester asam lemak (Tabel 3). Tiga puncak dengan persen area terbesar dihasilkan oleh puncak ke 10 yaitu metil palmitat ( $C_{17}H_{34}O_2$ ) sebesar 21,71 % dengan waktu retensi 18,05 menit dan  $m/z = 270$ ; puncak ke 17 yaitu metil oleat ( $C_{19}H_{36}O_2$ ) sebesar 12,52 % dengan waktu retensi 22,377 menit dan  $m/z = 296$ ; dan puncak ke 21 yaitu metil stearat ( $C_{19}H_{38}O_2$ ) sebesar 30,04 % dengan waktu retensi 23,115 menit dan  $m/z = 298$ . Dalam ketentuan biodiesel terdapat syarat adanya bilangan setana di mana memiliki atom C sebanyak 16 atau lebih. Jadi ketiga jenis metil ester ini yaitu, metil stearat, metil palmitat dan metil oleat memenuhi ketentuan untuk dikatakan sebagai biodiesel karena memiliki atom C lebih dari 16. Metil palmitat mempunyai rantai karbon yang paling pendek sehingga puncaknya muncul lebih awal dibandingkan metil oleat dan metil stearat. Sedangkan puncak oleat muncul lebih dulu dari metil stearat karena berat molekul metil stearat lebih besar dari pada berat molekul metil oleat.

Tabel 3. Kandungan metil ester dari lemak sapi hasil analisis GC-MS

No	Nama Senyawa	Puncak Ke-	% Area Senyawa
1	Metil pentadekanoat	4	0,70
2	Metil pentadekanoat	6	1,89
3	Metil palmitat	7	0,72
4	Metil palmitoleat	8	0,65
5	Metil palmitoleat	9	1,23
6	Metil palmitat	10	21,71
7	Metil margarat	11	1,08
8	Metil margarat	12	1,62
9	Metil 9,10 heksadekanoat	13	0,52
10	Metil margarat	14	3,92
11	Metil stearat	15	0,51
12	Metil linoleat	16	2,11
13	Metil oleat	17	12,52
14	Metil oleat	18	2,18
15	Metil oleat	19	7,59
16	Metil oktadekanoat	20	1,15
17	Metil stearat	21	30,04
18	Metil linoleat	22	0,65
19	Metil 8,9-oktadekanoat	23	0,29
20	Metil nonadekanoat	24	1,11
21	Metil nonadekanoat	25	1,14
22	Metil behenat	26	0,24

De fretes (2012) melaporkan bahwa hasil uji GC-MS biodiesel dari lemak sapi dengan menggunakan katalis NaOH dengan pelarut metanol menghasilkan tiga puncak dengan persen area terbesar, yaitu metil stearat sebesar 47,74 %, metil palmitat sebesar 27,75 %, dan metil oleat sebesar 16,25 %.

### Analisis Sifat Fisik Biodiesel Dengan Metode ASTM

Pengujian sifat fisik biodiesel dari lemak sapi diperoleh dengan metode pemeriksaan ASTM (*The American Society for Testing and Materials*) yang kemudian akan dibandingkan dengan standar SNI biodiesel. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan karakter fisik biodiesel lemak sapi dengan SNI biodiesel

No	Jenis Pemeriksaan	Biodiesel Lemak Sapi	Metode Pemeriksaan	SNI Biodiesel *)
1	kerapatan spesifik 60/60 °F (g/ml)	0,8675	ASTM D1298	0,850 - 0,890
2	viskositas kinematis 40 °C (mm <sup>2</sup> /s)	4,971	IKU/5.4/TK-02	2,3 - 6,0
3	titik nyala (°C)	134,5	IKU/5.4/TK-03	Mín 100
4	titik tuang (°C)	27	IKU/5.4/TK-04	Maks 18
5	Sisa Karbon Conradson	0,018	ASTMD189	Maks 0,30
6	Korosi kepingan tembaga(100 °C)	1B	ASTMD130	Maks. No 3

#### a. Kerapatan spesifik

Kerapatan spesifik biodiesel dari lemak sapi yaitu 0,8675 g/cm<sup>3</sup> telah memenuhi spesifikasi SNI biodiesel. Panas pembakaran dari biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar ASTM (ASTM D1298) yaitu 0,850-0,890 g/cm<sup>3</sup>. Jika biodiesel mempunyai kerapatan spesifik melebihi ketentuan, akan terjadi reaksi tidak sempurna pada konversi minyak hewani. Biodiesel seperti ini akan meningkatkan keausan mesin, emisi, dan menyebabkan kerusakan pada mesin.

#### b. Viskositas kinematik

Viskositas kinematik diukur dengan metode pemeriksaan IKU/5.4/TK-02 dan memberikan hasil 4,971 mm<sup>2</sup>/s, hal ini juga telah memenuhi spesifikasi SNI biodiesel. Viskositas berkaitan dengan komposisi asam lemak dan tingkat kemurnian biodiesel, viskositas naik dengan kenaikan panjang rantai karbon asam lemak jenuh, kenaikan panjang rantai karbon alkohol, penurunan panjang rantai karbon asam lemak tidak jenuh dan adanya kenaikan sisa - mono, -di, dan trigliserida dalam biodiesel .

Viskositas bahan bakar untuk mesin diesel perlu dibatasi. Viskositas yang terlalu rendah dapat mengakibatkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar, sedangkan viskositas yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi kerja cepat alat injeksi bahan bakar dan mempersulit pengkabutan bahan bakar minyak sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna.

Viskositas kinematik biodiesel yang dihasilkan dari lemak sapi cukup rendah sehingga jika digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, hasil injeksi dalam ruang pembakaran mudah membentuk kabut dan memudahkan pembakaran.

**c. Titik nyala**

Titik nyala atau *flash point* diukur dengan metode IKU/5.4/TK-03 dan memberikan hasil 134,5°C. Hasil ini telah memenuhi standar SNI biodiesel yaitu standar minimum 100°C. Penentuan titik nyala ini berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar (Prihandana dkk., 2006). Titik nyala yang tinggi akan memudahkan dalam proses penanganan, penyimpanan, dan pengangkutan karena dapat mengurangi resiko penyalaaan. Apabila titik nyala rendah mengakibatkan bahan bakar tersebut mudah terbakar dalam penyimpanannya.

**d. Titik tuang**

Titik tuang atau *pour point* diukur dengan metode analisa IKU/5.4/TK-04. Titik tuang adalah suatu angka yang menunjukkan suhu terendah di mana bahan bakar masih dapat mengalir atau dituang apabila didinginkan pada kondisi tertentu (Prihandana, dkk., 2006). Hasil uji titik tuang (*pour point*) yaitu sebesar 27°C belum memenuhi standar kualitas biodiesel, karena lebih besar daripada batasan SNI biodiesel yaitu maksimal 18°C. Pada uji titik tuang berhubungan dengan viskositas, yaitu dengan semakin rendah viskositas biodiesel, maka semakin mudah biodiesel untuk mengalir pada kondisi tertentu. Titik tuang menunjukkan suhu di mana minyak mulai membeku atau berhenti mengalir. Titik tuang yang tinggi akan membuat mesin sulit dinyalakan pada suhu yang rendah. Nilai titik tuang biodiesel dari lemak sapi ini membuat penggunaan biodiesel pada mesin diesel akan sukar menyala pada suhu rendah.

**e. Sisa karbon Conradson**

Hasil uji sisa karbon Conradson biodiesel dari lemak sapi dengan menggunakan metode ASTM D189 yaitu sebesar 0,018 % wt telah memenuhi standar kualitas biodiesel. Sisa karbon Conradson adalah nilai karbon yang tertinggal setelah penguapan dan pembakaran habis. Tingkatan residu karbon tergantung pada jumlah asam lemak bebas dan jumlah trigliserida (Prihandana dkk, 2006).

Widyastuti (2007) mengatakan bahwa kandungan sisa karbon yang tinggi akan merugikan jika diaplikasikan pada mesin karena akan menghambat pengoperasian mesin dan merusak semua bagian pipa injeksi bahan bakar. Sisa karbon yang lebih kecil dapat mengurangi deposit karbon yang terbentuk dan juga mengurangi polusi udara.

**f. Korosi kepingan tembaga**

Korosi kepingan tembaga (*Cooper Strip Corrosion= CCR*) biodiesel dari lemak sapi pada 100°C adalah 1b sehingga memenuhi standar ASTM (ASTMD 130) yaitu maksimal no

3 (Lampiran 9). Tes ini dilakukan untuk mengukur pengaruh bahan bakar terhadap tingkat korosi tembaga yang berkaitan dengan kadar asam lemak bebas biodiesel. Tingkatan korosi kepingan tembaga tergantung dari kadar asam lemak bebas, gliserida, logam alkali sebagai katalis yang sudah dalam bentuk sabun. Dari ketiga penyebab tersebut pengotor dari sisa katalis lebih banyak berpengaruh terhadap nilai CCR. Disamping komponen tersebut menurut Mittelbach dan Remschmidt (2004) nilai CCR ditentukan pula oleh metil ester dari asam lemak tidak jenuh dengan ikatan rangkap lebih dari satu dan polimer yang terbentuk selama proses.

De fretes (2012) melaporkan bahwa hasil ASTM biodiesel dari lemak sapi dengan menggunakan katalis NaOH dengan pelarut metanol adalah viskositas :  $5,015 \text{ mm}^2/\text{s}$ ; kerapatan spesifik :  $0,8698 \text{ kg/m}^3$ ; titik nyala :  $178,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ; titik tuang :  $27^\circ\text{C}$ ; dan sisa karbon Conradson :  $0,046 \text{ \% wt}$ . Jika dibandingkan dengan penelitian De fretes (2012) hampir sama atau memenuhi spesifikasi SNI biodiesel, tetapi untuk hasil titik tuang belum memenuhi standar biodiesel, karena masih terdapat digliserida yang belum terurai sempurna dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi hal tersebut.

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kondisi optimum pembuatan biodiesel pada reaksi transesterifikasi menggunakan katalis KOH dan pelarut metanol adalah, berat katalis KOH 1%, waktu reaksi 3 jam, dan suhu  $65 \text{ }^\circ\text{C}$ .
2. Biodiesel dari lemak sapi dengan menggunakan pelarut metanol dan katalis KOH memiliki kerapatan spesifik, viskositas kinematik, titik nyala, sisa karbon Conradson, dan korosi kepingan tembaga yang telah memenuhi standar SNI biodiesel namun masih memiliki titik tuang yang melebihi standar SNI biodiesel.

### DAFTAR PUSTAKA

- Allinger, N.L., 1976, *Organic Chemistry*, 2<sup>nd</sup> edition, Worth Publisher Inc., New York.
- Anderson, J. R. dan Boundart, M., 1981, *Catalysis Science and Technology*, Vol 2, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York.
- Arrowsmith, C. J. dan J. Ross, 1945, *Treating Fatty Materials, US Patent*, 2, 383, 580.
- Belitz, H. D. dan Grosch, W., 1982, *Food Chemistry*, 2<sup>nd</sup> edition, Will 460 figures and 531.
- De fretes, F. M., 2012, *Biodiesel dari Lemak Sapi yang Menggunakan Katalis NaOH*, Skripsi Fakultas MIPA Kimia, Universitas Pattimura, Ambon.
- Elisabeth, J. dan Haryati, T., 2001, Biodiesel Sawit Bahan Bakar Alternatif yang Ramah Lingkungan, *Berita BPPT*, Oktober, 1-4.
- Enchinar, J.M., Gonzales, J.F., Rodrigues, J.J. dan Tejedor, A., 2002, Biodiesel Fuels from Vegetables Oils, Transesterification of *Cynara cardulus* L., Oils with Ethanol, *Energy and Fuels*, 16.

- Fessenden, J. R. dan Fessenden S. J., 1982, *Kimia Organik*, Edisi ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Freedman, B., Pryde, E.H., dan Mounts, T.L., 1984, Variables Affecting of Fatty Esters from Transesterified Vegetables Oil, *Jurnal of American Oil Chemist.*, 61, 1638-1643.
- Gelbard, G., O. Bres, R.M. Vargas, F. Vielfaure, dan U.F. Schucgardt, 1995, <sup>1</sup>H Nuclear Magnetic Resonance Determination The Transesterification of Rapeseed Oil with Methanol, *J. AM Oil Chem. Soc.*, 72, 1239-1241.
- Hardjono, A., 2001, *Teknologi Minyak Bumi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hidayat, S. D., 2008, *Pengaruh Katalis H-Zeolit pada Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Bekas Menggunakan Reaktor Biodiesel Berkapasitas 10 L*, Skripsi Fakultas MIA Kimia Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hikmah, M. N. dan Zuliyana, 2010, *Pembuatan Metil ester dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi*, Skripsi, Universitas Diponegoro.
- Hui, Y. H., 1996, *Bailey's Industrial Oil and Fat Product*. Vol 1, 5ed, John Wiley and Sons, New York.
- Julia, D., 2007, *Kajian Pengaruh Temperatur dan Persen Berat KOH Terhadap Konversi Produk Transesterifikasi Minyak Kelapa*, Skripsi, Universitas Mulawarman.
- Ketaren, S., 1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, UI Press, Jakarta.
- Kirk, R. E. dan Othmer, D. F., 1992, *Encyclopedia of Chemical Technology*, The Interscience Encyclopedia Inc, New York.
- Knothe, G., 2000, Monitoring a Progressing Transesterification Reaction by Fiber-Optic Near Infrared Spectroscopy with Correlation to H Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, *Jpn. AM. Oil. Chem. Soc.*, 77, 9483, 489-493.
- Knothe, G., 2010, Biodiesel and Renewable Diesel: A Comparison, *Progress in Energy and Combustion Science*, 36, 364-373.
- Lehninger, A. L., 1982, *Dasar-Dasar Biokimia, Jilid I*, Penerjemah M. Thenawijaya, Erlangga, Jakarta.
- Leung, Y. C. D., Xuan W., dan Leung, M. K. H., 2010, *A Review On Biodiesel Production Using Catalyzed Transesterification*, *Applied Energy*.
- Ma, F. dan Hanna M. A., 1999, Biodiesel Production: A Review, *Bioresour. Technol.*, 70, 1-15.
- Mastutik, D., 2006, *Transesterifikasi Minyak Jelantah Kelapa Sawit menjadi Biodiesel menggunakan Zeolit-Y Melalui Proses Esterifikasi*, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Mittelbach, M. dan C. Remschmidt., 2004, Biodiesel: The Comprehensive Handbook, *Martin Mittelbach, Graz, Austria (dalam Prosiding Seminar Nasional Tatang H. Soerawidjaja)*.
- Mulja, M., 1994, *Perkembangan Instrumentasi Kromatografi Gas*, Penerbit Universitas Airlangga, Surabaya.
- Pinto, A. C., Guarieiro, L. L. N., Rezende, M.J. C., Ribeiro, N. M., Torres, E. A., Lopes, W. A., Pereira, P. A. P., dan Andrade, J. B., 2005, Biodiesel: An Overview, *J. Braz. Chem. Soc.*, 16, 1313-1330.
- Prihandana, R., Hendroko, R., dan Nuramin, M., 2006, *Menghasilkan Biodiesel Murah*, Penerbit Agromedia, Bogor.
- Saefudin, A., 2005, *Sintesis Biodiesel melalui Reaksi Esterifikasi Minyak Jelantah dengan Katalis Montmorillonit Teraktivasi Asam Sulfat yang dilanjutkan dengan Reaksi Transesterifikasi Terkatalisis NaOH*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada.
- Sastrohamidjojo, H., 2001, *Spektroskopi*, Edisi Kedua, Liberty, Yogyakarta.
- Satyani, R.G., 2007, *Optimasi Katalis Basa dalam Pembuatan Biodiesel dari Lemak Sapi*, Skripsi, Universitas Islam Indonesia.

- Soerawidjaja, T. H., 2006, *Fondasi-Fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel*, Handout Seminar Nasional; Biodiesel Sebagai Energi Alternatif Masa Depan, UGM Yogyakarta.
- Schindlbauer, H., 1998, Standardization and Analysis of Biodiesel: What Specifications are Important *di dalam: Proceeding of The 1998 PORIM International Biofuel and Lubricant Conference*, Kuala Lumpur.
- Thenawijaya, M., 1982, *Dasar-dasar Biokimia*, Erlangga, Jakarta.
- Tyson, S. K., 2001, *Biodiesel Handling and Use Guideline*, National Renewable Energy Laboratory, Midwest.
- Widyastuti, L., 2007, *Reaksi Metanolisis Minyak Biji Jarak Pagar Menjadi Metil Ester Sebagai Bahan Bakar Pengganti Minyak Diesel dengan Menggunakan Katalis KOH*, Skripsi Fakultas MIPA KIMIA, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Winarno, F. G., 1984, *Kimia Pangan dan Gizi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Zhang, Y., M. A. Dubè, McLean, D.D., dan Kates, M., 2003, Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: 1. Process Design and Technological Assessment, Review Paper, *Bioresource Technology*, 89, 1-16

