

## PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK BABI

Herman Setiawan<sup>1)</sup>, Anita Puspitasari<sup>1)</sup>, Ery Susiany Retnoningtyas<sup>2)</sup>, Antaresti<sup>2)</sup>  
E-mail: a\_nita88@live.com

### ABSTRAK

*Dewasa ini sedang dikembangkan pembuatan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif guna mengantisipasi menipisnya cadangan minyak bumi. Salah satu bahan baku untuk memproduksi biodiesel yaitu lemak babi. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh konsentrasi katalis basa dan suhu reaksi serta jenis asam yang akan menghasilkan yield biodiesel tertinggi. Terhadap lemak babi mula-mula dilakukan proses rendering untuk menghasilkan minyak babi, dan juga untuk menghilangkan pengotor dan air yang terkandung di dalam minyak babi. Kemudian terhadap lemak babi dilakukan proses acid-pretreatment yaitu proses reaksi dengan katalis asam sebelum digunakan katalis basa dalam reaksi transesterifikasi dengan tujuan untuk menurunkan kadar Free Fatty Acid (FFA) sampai pada batas yang diijinkan maksimal 0,5 %b/b. Salah satu komponen yang terdapat pada lemak babi adalah trigliserida yang merupakan suatu ester. Trigliserida ini sendiri jika direaksikan dengan alkohol akan menghasilkan suatu ester dan gliserol. Reaksi ini dikenal dengan reaksi transesterifikasi dan ester yang dihasilkan merupakan sebuah mono ester.*

*Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa jumlah katalis basa yang diperlukan dalam reaksi transesterifikasi adalah 2 %b/b, dengan yield biodiesel tertinggi yang bisa dicapai sebesar 84,45 %. Suhu yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi untuk menghasilkan yield tertinggi biodiesel adalah 80°C.*

**Kata kunci:** minyak babi, biodiesel, acid-pretreatment, katalis basa, suhu,

### PENDAHULUAN

Dewasa ini persediaan bahan bakar fosil seperti: minyak bumi, batubara, dan gas alam sudah semakin menipis. Hal ini disebabkan pemakaian yang berlebihan dan bahan bakar tersebut tidak dapat diperbaharui. Oleh sebab itu pengembangan bahan bakar alternatif yang memenuhi kebutuhan masyarakat sedang dikembangkan dengan pesat, salah satunya adalah biodiesel<sup>[1]</sup>.

Indonesia kaya akan bahan baku penghasil biodiesel. Tanaman jarak, kelapa, dan kelapa sawit mempunyai kandungan minyak yang tinggi, yaitu di atas 1600 liter minyak tiap hektar tanaman. Ketiga tanaman tersebut sangat potensial untuk dikembangkan dan digunakan sebagai bahan baku biodiesel karena memiliki kandungan minyak yang tinggi dan tersedia dalam jumlah cukup melimpah<sup>[2]</sup>.

Biodiesel adalah bioenergi atau bahan bakar nabati yang dibuat dari minyak nabati, baik minyak baru maupun bekas penggorengan dan melalui proses transesterifikasi, esterifikasi, atau proses esterifikasi-transesterifikasi. Biodiesel digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak (BBM) untuk motor diesel.

Bahan bakar yang berbentuk cair ini bersifat menyerupai solar, sehingga sangat prospektif untuk dikembangkan. Apalagi biodiesel memiliki kelebihan lain dibandingkan dengan solar, yakni:

- Bahan bakar biodiesel ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (*free sulphur, smoke number* rendah) sesuai dengan isu-isu global dari *Kyoto Protocol*;
- Cetane number* lebih tinggi (>57) sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dibandingkan dengan minyak diesel;
- Memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin dan dapat terurai (*biodegradable*);
- Merupakan *renewable energy* karena terbuat dari minyak nabati yang dapat diperbarui/diproduksi secara terus-menerus; dan
- Meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal<sup>[2]</sup>.

Secara kimiawi biodiesel adalah metil atau etil ester yang diperoleh dari bermacam-macam sumber daya alam yang dapat diperbaharui, seperti minyak tumbuhan atau lemak hewan. Selain biodiesel dapat diperbaharui, penggunaan biodiesel juga mempunyai beberapa keuntungan yaitu lebih efisien, dapat menggantikan petroleum diesel, dapat mengurangi pemanasan global oleh emisi gas, tidak beracun, dan dapat diuraikan secara biologis<sup>[1]</sup>.

Berbagai penelitian pun dilakukan terutama di negara-negara maju. Ada beberapa penemuan yang dapat dijadikan acuan untuk melakukan penelitian-penelitian baru untuk mengatasi krisis energi ini. Ada empat syarat kelayakan dari bahan bakar alternatif yang harus dipenuhi, di antaranya yaitu: teknik

<sup>1)</sup> Mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

<sup>2)</sup> Staf Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

pembuatannya mudah, biaya produksinya tidak terlalu mahal, aman bagi lingkungan, dan ketersediaan bahan baku<sup>[3]</sup>.

Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk menghasilkan sebagai bahan bakar alternatif yaitu senyawa yang terkandung di dalam lemak hewan babi. Salah satu komponen yang terdapat pada lemak hewan babi adalah trigliserida yang merupakan suatu ester. Trigliserida ini sendiri jika direaksikan dengan alkohol akan menghasilkan suatu ester dan gliserol. Reaksi ini dikenal dengan reaksi transesterifikasi. Ester yang dihasilkan merupakan sebuah mono ester yang akan menjadi bahan bakar alternatif yang dikenal dengan biodiesel<sup>[4]</sup>.

Seiring dengan perkembangan teknologi dan pengetahuan, permasalahan pembuatan biodiesel dari lemak hewan babi ini dapat diatasi. Namun sosialisasi akan hal ini masih kurang, sehingga masyarakat masih terpaku dengan biodiesel berbahan minyak nabati. Padahal untuk bahan alternatif dari lemak hewan, Indonesia memiliki modal yang cukup melimpah. Jumlah ternak (dalam satuan ekor) di Indonesia sangatlah melimpah, hal ini bisa dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Populasi Ternak Sapi Potong, Babi, dan Ayam di Indonesia

Hewan	2003	2004
Sapi	10.500.000	10.960.350
Babi	6.083.023	6.497.283
Ayam	847.743	889.072

Pada Tabel 1 terlihat bahwa populasi babi di Indonesia menempati urutan kedua dalam hal jumlah populasi, sehingga memiliki potensi yang cukup besar untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Namun dengan jumlah penduduk Indonesia yang mayoritas beragama muslim, maka konsumsi akan lemak babi jauh lebih sedikit dibanding dengan lemak sapi. Akibatnya banyak limbah lemak babi yang terbuang. Selain itu kandungan lemak babi per 100 gram ternak paling tinggi yaitu 28% dibanding dengan hewan-hewan yang lain, misal: sapi (14%), ayam (11,5%), dan belut (27%), sehingga lemak babi ini sangat potensial untuk dijadikan biodiesel<sup>[5]</sup>.

Ada beberapa penemuan yang dapat dijadikan acuan untuk melakukan penelitian-penelitian baru untuk mengatasi krisis energi ini. Adapun pertimbangan yang dilakukan mengapa digunakan lemak hewan babi yaitu

karena bahan ini merupakan bahan yang dapat diperbaharui dan jumlahnya pun cukup berlimpah di Indonesia. Banyak dijumpai peternakan dan rumah potong hewan babi yang kurang memanfaatkan lemak-lemaknya, khususnya pada saat proses pemotongan. Bila tidak dilakukan pengolahan terhadap limbah padat tersebut, dikhawatirkan dapat menimbulkan kurangnya kandungan oksigen dalam air. Sehingga menimbulkan gas berbau busuk yang dapat menjadi tempat bersarangnya makhluk hidup pembawa penyakit seperti: lalat, tikus, atau bakteri patogen yang pada akhirnya akan mempengaruhi kualitas sanitasi yang ada. Selain itu lemak cenderung memiliki nilai ekonomi rendah dan bahkan kurang bermanfaat selain diolah untuk makanan. Dengan demikian lemak babi memiliki potensi untuk dikembangkan ke nilai ekonomi yang lebih tinggi dan berguna bagi kehidupan.

Penelitian ini secara khusus dilakukan dengan tujuan yaitu mempelajari jumlah katalis basa yang diperlukan dalam reaksi transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel dan mempelajari pengaruh suhu dalam reaksi transesterifikasi terhadap *yield* biodiesel yang dihasilkan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Biodiesel

Bahan bakar biodiesel adalah metil atau etil ester yang diperoleh dari bermacam-macam sumber energi yang dapat diperbaharui, seperti minyak tumbuhan atau lemak hewan. Ester adalah senyawa organik yang dapat digunakan dalam proses pembakaran pada mesin-mesin karena beberapa sifat dari ester sama seperti yang digunakan untuk bahan bakar diesel. Bahan bakar ini disebut biodiesel karena berasal dari material yang dapat diuraikan secara biologis dan dapat digunakan sebagai bahan bakar dalam mesin diesel<sup>[3]</sup>.

Bahan bakar biodiesel dibuat dengan proses yang disebut transesterifikasi. Yang dimaksudkan dengan transesterifikasi adalah minyak-minyak (trigliserida) yang akan diubah menjadi metil ester dan gliserol melalui reaksi kimia dengan alkohol (biasanya metanol ataupun etanol) dan penambahan katalis seperti natrium atau kalium hidroksida. Biodiesel secara alami mudah teroksidasi, sehingga di dalam penyimpanan sebaiknya digunakan tangki penyimpanan yang terbuat dari aluminium atau baja<sup>[6]</sup>. Pembuatan biodiesel sebenarnya telah diperkenalkan oleh Dr. Rudolf diesel tahun 1912<sup>[1,7]</sup>. Biodiesel bilamana

dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif menawarkan banyak keuntungan di antaranya:

1. Tidak beracun, biodegradabel, dan mengurangi polutan yang berbahaya dari mesin diesel, serta mengurangi emisi gas karbon monoksida (CO);
2. Bahan bakar ini tidak mengandung belerang;
3. Bahan bakar ini dapat digunakan murni atau dalam bentuk campuran pada mesin diesel tanpa modifikasi, perbandingan terbaik yang umumnya digunakan ialah 5-20%;
4. Biodiesel dapat memperpanjang umur mesin;
5. Berkaitan dengan polusinya yang cukup kecil, biodiesel mengurangi kecenderungan terjadinya penyakit kanker;
6. Biodiesel dapat diperbaharui;
7. Biodiesel dapat menggantikan petroleum;
8. Biodiesel digunakan untuk sebagian besar peralatan diesel. Biodiesel dapat mengurangi pemanasan global oleh emisi gas;

Standar Nasional Indonesia untuk biodiesel disajikan pada Tabel 2.

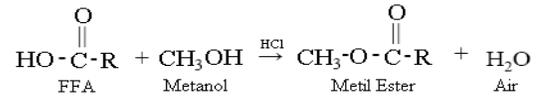
**Tabel 2.** Standar Nasional Indonesia Untuk Biodiesel

No	Karakteristik Biodiesel	SNI
1	<i>Flash Point</i>	Min. 100 °C
2	Viskositas	2,3 – 6,0 mm <sup>2</sup> /s
3	Densitas	850 – 890 kg/m <sup>3</sup>
4	Bilangan Asam	Maks. 0,8 mg-KOH/gr
5	Bilangan Iodin	Maks. 115 (gr I <sub>2</sub> /100 gr biodiesel)
6	<i>Sulfated ash</i>	Maks. 0,02 % b/b
7	<i>Calculated Cetane Index</i>	Min. 46

Standar Nasional Indonesia untuk biodiesel yang digunakan yaitu SNI 04-7182-2006 untuk bahan bakar jenis solar. Analisis karakteristik yang dilakukan meliputi: *flash point*, *cetane number*, *sulfated ash*, viskositas kinematis, densitas, bilangan asam, dan bilangan iodin.

### Reaksi Esterifikasi

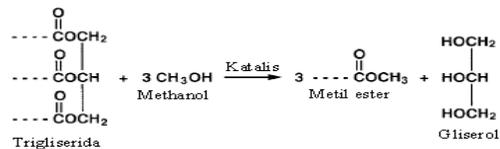
Proses *acid-pretreatment* yaitu proses penggunaan katalis asam sebelum digunakan katalis basa dalam reaksi transesterifikasi dengan tujuan untuk menurunkan kadar *Free Fatty Acid (FFA)* sampai pada batas yang diijinkan yaitu maksimal 0,5 % b/b minyak babi untuk menghasilkan *yield* biodiesel yang tertinggi. Persamaan reaksi esterifikasi disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Persamaan Reaksi Esterifikasi

### Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi ialah suatu istilah yang digunakan untuk menggambarkan suatu reaksi organik yang di dalam ester terjadi pertukaran separuh gugus alkoksinya dengan alkoksi lain. Ketika suatu ester direaksikan dengan alkohol, maka proses transesterifikasi dikenal dengan alkoholisis<sup>[7]</sup>. Persamaan reaksi transesterifikasi disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Reaksi Transesterifikasi<sup>[8]</sup>

Beberapa jenis alkohol yang dapat digunakan dalam reaksi transesterifikasi ialah: metanol, etanol, propanol, dan butanol. Untuk reaksi transesterifikasi yang berkatalis basa, sedapat mungkin yang digunakan ialah alkohol dan trigliserida anhidrat atau yang kadar airnya cukup kecil. Hal ini dikarenakan dengan adanya air akan cenderung menyebabkan reaksi penyabunan<sup>[4]</sup>. Dalam pembuatan biodiesel reaksi transesterifikasi ini bertujuan untuk mengubah asam-asam lemak dari trigliserida dalam bentuk ester dengan bantuan monovalen alkohol seperti yang umum digunakan ialah metanol dan etanol<sup>[9]</sup>.

Dalam penelitian ini akan digunakan lemak babi yang juga merupakan suatu trigliserida. Hanya saja diperlukan proses tambahan yaitu proses *rendering* terhadap lemak hewan tersebut. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan pengotor dalam lemak hewan dan mengurangi kadar airnya. Kadar air akan mempengaruhi hasil reaksi yang diharapkan yaitu alkil ester.

Faktor-faktor penting yang berpengaruh dalam proses transesterifikasi adalah<sup>[10]</sup>:

- Perbandingan molar alkohol terhadap minyak hewani.

Perbandingan molar alkohol terhadap minyak hewani merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi efisiensi proses. Perbandingan molar yang semakin besar akan mempercepat laju reaksi dan juga *yield* biodiesel yang dihasilkan semakin besar. Selain itu, penggunaan

alkohol berlebih akan menurunkan *flash point* dari biodiesel.

- Suhu reaksi.  
Suhu reaksi sangat berpengaruh terhadap laju reaksi transesterifikasi, di mana semakin tinggi suhu yang digunakan, maka laju reaksi akan semakin cepat.
- Jumlah katalis.  
Jumlah katalis juga mempengaruhi efisiensi dari proses. Penambahan jumlah katalis yang berlebih akan meningkatkan pembentukan emulsi yang menyebabkan meningkatnya viskositas reaktan/produk.
- Waktu reaksi.  
Semakin lama waktu reaksi, *yield* biodiesel yang dihasilkan semakin besar.
- Kadar *FFA*.  
Kadar *FFA* akan mempengaruhi *yield* biodiesel yang dihasilkan. Semakin besar kadar *FFA*, *yield* biodiesel yang dihasilkan semakin kecil.

### Lemak Hewan Babi (*lard*)

Lemak hewan babi atau lazim disebut juga *lard* adalah lemak yang didapatkan dari proses pemotongan babi. Namun dalam proses pembuatan biodiesel hanya akan dilakukan pengurangan kadar air dan pengotor melalui pemanasan untuk mencairkan lemak dan memisahkan pengotor serta mengurangi kadar air. Kandungan air dan asam lemak bebas yang terdapat pada lemak babi memiliki efek berkurangnya *yield* biodiesel yang dihasilkan karena akan membentuk sabun. Kandungan asam lemak bebas biasanya berkisar antara 2-7 % dalam minyak goreng bekas, sedangkan dalam lemak babi berkisar antara 5-30%. Untuk mengatasi asam lemak bebas (*Free Fatty Acid/FFA*) biasanya dilakukan *acid-pretreatment*. Untuk itu terhadap lemak terlebih dahulu direaksikan dengan menggunakan katalis asam. Jenis asam yang dapat digunakan adalah asam sulfat dan asam klorida serta asam kuat lain<sup>[9]</sup>.

Tabel 3. Spesifikasi Lemak Babi<sup>[5]</sup>

Energi per 100	3.70 kJ (900 kcal)
Titik leleh	<i>backfat</i> : 30–40 °C <i>leaf fat</i> : 43–48 °C <i>mixed fat</i> : 36–45 °C
Titik asap	121-218 °C (250–425 °F)
<i>Specific gravity at 20 °C</i>	0,917–0,938
Bilangan iodin	45–75
Bilangan asam	3,4
Angka penyabunan	190–205
<i>Unsaponifiable</i>	0,8 %

Lemak babi (*lard*) diperoleh dari berbagai bagian tubuh babi yang mengandung jaringan lemak yang tinggi. Lemak babi ini biasa digunakan sebagai: mentega, dan sabun. Spesifikasi lemak babi disajikan pada Tabel 3.

### Proses *Acid-Pretreatment*

Asam lemak bebas dapat terbentuk dalam lemak atau minyak karena berbagai faktor, di antaranya yaitu hidrolisis lemak atau minyak oleh air ataupun hidrolisis oleh asam. Adanya asam lemak bebas menyebabkan terbentuknya sabun saat bereaksi dengan katalis basa dan akan mengurangi *yield* biodiesel yang dihasilkan. Maka biasanya dilakukan proses *acid-pretreatment* untuk mengurangi kandungan asam lemak bebas.

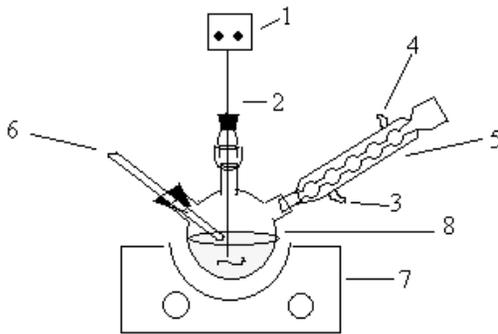
Proses *acid-pretreatment* yaitu proses penggunaan katalis asam sebelum digunakan katalis basa dalam reaksi transesterifikasi dengan tujuan untuk menurunkan kadar *FFA* sampai pada batas maksimum yang diijinkan yaitu 0,5 % b/b minyak babi untuk menghasilkan *yield* biodiesel yang tertinggi. Katalis asam yang dapat digunakan yaitu asam klorida (HCl), asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), atau asam kuat lain.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan proses *rendering* terhadap lemak babi yang berasal dari tempat pemotongan hewan di Surabaya. Proses *rendering* bertujuan untuk mengurangi kandungan air serta menghilangkan pengotor yang terkandung di dalam lemak babi. Produk yang dihasilkan yaitu minyak babi. Minyak babi yang digunakan sebagai bahan baku akan dianalisis meliputi: persen *FFA*, viskositas kinematis, dan densitas. Kemudian pada tahap selanjutnya dilakukan proses *acid-pretreatment* yang dilakukan untuk mengurangi kadar *FFA* dalam minyak babi sampai pada batas yang diijinkan yaitu ≤ 0,5 % b/b, dengan cara mereaksikannya dengan metanol menggunakan perbandingan mol metanol terhadap mol minyak babi 6:1. Pada tahap ini digunakan jenis asam yang mampu menurunkan kadar *FFA* yang tertinggi yaitu HCl. Jumlah katalis asam yang digunakan 0,75 % b/b minyak babi. Tahap akhir dari penelitian yaitu dilakukannya reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis KOH. Di mana pada penelitian ini jumlah katalis yang divariasi adalah: 1 % b/b; 1,5 % b/b ; 2 % b/b ; 2,5 % b/b; dan 3 % b/b minyak babi. Suhu reaksi transesterifikasi yang digunakan adalah 70 dan 80 °C.

### Rangkaian Alat Penelitian

Rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 3.



Keterangan Gambar 3:

1. Motor pengaduk
2. Pengaduk merkuri
3. Air pendingin masuk
4. Air pendingin ke luar
5. Kondenser bola
6. Termometer
7. Jaket pemanas
8. Labu leher tiga

**Gambar 3.** Seperangkat Alat Untuk Proses Transterifikasi

Produk yang dihasilkan merupakan campuran antara metil ester, gliserol, sisa reaktan (minyak babi dan metanol), serta katalis. Pengotor yang dihasilkan cenderung untuk terlarut dalam gliserol. Lapisan biodiesel yang dihasilkan dipisahkan dari gliserol serta pengotor lainnya dengan menggunakan corong pemisah dengan prinsip pemisahan gaya gravitasi dan selanjutnya dilakukan analisis karakteristik biodiesel.

Analisis yang dilakukan terhadap produk biodiesel antara lain: densitas, viskositas kinematis, dan *flash point*. Sedangkan terhadap hasil penelitian yang mempunyai *yield* biodiesel tertinggi dilakukan analisis karakteristik meliputi: *flash point*, *cetane number*, *sulfated ash*, viskositas kinematis, *density*, *acid number* dan *iodine number*.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Analisa Bahan Baku

Minyak babi yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuat biodiesel dianalisis terlebih dahulu untuk mengetahui apakah minyak babi dapat diproses menjadi

biodiesel. Analisis bahan baku ini meliputi persen *FFA*, viskositas kinematis, dan densitas di mana hasilnya disajikan pada Tabel 4.

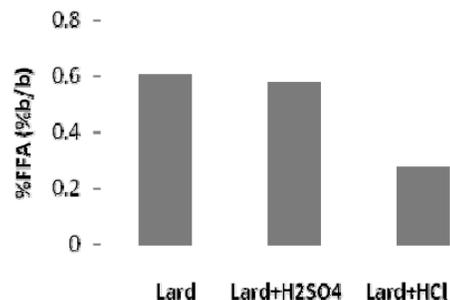
**Tabel 4.** Analisis Karakteristik Minyak Babi

Karakteristik	Nilai
% <i>FFA</i>	0,6106 % b/b
Viskositas kinematis	6,71 mm <sup>2</sup> /s
Densitas	895 kg/m <sup>3</sup>

Persen *FFA* menyatakan persentase besarnya kandungan asam lemak bebas dalam minyak babi. Besarnya kandungan *FFA* dapat mengakibatkan berkurangnya *yield* Biodiesel yang dihasilkan. Berkurangnya *yield* Biodiesel disebabkan adanya proses penyabunan yang merupakan hasil reaksi antara asam lemak dengan katalis basa. Dari hasil penelitian pendahuluan didapatkan minyak mula-mula memiliki kandungan *FFA* sebesar 0,6106 % b/b yang melebihi kandungan maksimum yang diijinkan (0,5 % b/b). Oleh karena itu dalam penelitian ini terhadap bahan baku minyak babi perlu dilakukan proses *acid-pretreatment*.

### Pengaruh Jenis Katalis Asam di dalam *Acid-pretreatment*.

Dari hasil penelitian pendahuluan didapatkan *lard* mula-mula memiliki kandungan *FFA* sebesar 0,6106 % b/b. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan proses *acid-pretreatment* menggunakan katalis asam untuk menurunkan kadar *FFA* sampai di bawah kadar yang diijinkan, yaitu maksimal 0,5 % b/b, sehingga dapat menghasilkan biodiesel dengan bilangan saponifikasi sekecil mungkin. Hubungan antara jenis katalis asam terhadap kadar *FFA* disajikan pada Gambar 4.

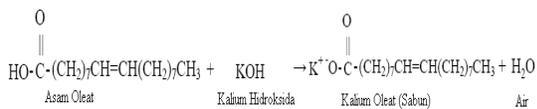


**Gambar 4.** Hubungan Antara Jenis Katalis Asam Terhadap Kadar *FFA* Pada *Acid-pretreatment*

Pada penelitian ini didapatkan bahwa larutan HCl 13% merupakan katalis asam yang terbaik. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 di mana HCl dapat menurunkan kadar *FFA*

menjadi 0,2748 % b/b, sedangkan  $H_2SO_4$  97% hanya dapat menurunkan kadar *FFA* menjadi 0,58 % b/b. Berdasarkan data penelitian tersebut, maka dipilih HCl untuk proses *acid-pretreatment*. Selain itu pertimbangan lain yaitu harga HCl yang lebih murah dibandingkan dengan  $H_2SO_4$ .

Bahan baku untuk pembuatan metil ester dari minyak babi diharapkan memiliki kadar *FFA* yang rendah pada saat dilakukannya reaksi transesterifikasi. Hal ini disebabkan dengan kadar *FFA* yang tinggi di dalam minyak babi dapat mengakibatkan terjadinya reaksi penyabunan saat bereaksi dengan katalis basa, sehingga dapat menurunkan *yield* biodiesel yang diperoleh. Selain itu akan menyebabkan katalis KOH yang dibutuhkan dalam reaksi transesterifikasi menjadi lebih banyak karena harus bereaksi dengan *FFA* terlebih dahulu sebelum mengkatalis reaksi transesterifikasi. Oleh sebab itu, perlu dilakukan proses *acid-pretreatment* sebelum reaksi transesterifikasi. Reaksi penyabunan berlangsung menurut persamaan reaksi sebagaimana disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Reaksi Penyabunan

Proses *acid-pretreatment* dilakukan dengan mereaksikan *FFA* dengan metanol menggunakan katalis asam. Katalis asam yang dapat digunakan adalah jenis asam kuat baik itu HCl maupun  $H_2SO_4$ . Penambahan katalis asam berguna untuk memecah ikatan rangkap, sehingga trigliserida yang bereaksi dengan alkohol akan membentuk metil ester (karena penambahan katalis asam berguna untuk mempercepat reaksi). Penelitian dilakukan dengan mencampurkan katalis asam sebanyak 0,75 % b/b dengan minyak babi dan metanol<sup>[11,12]</sup>. Waktu reaksi yang dijalankan yaitu 2 jam untuk tiap kali variasi katalis asam dengan suhu reaksi 70 °C.

Pada proses *acid pre-treatment*, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap *acid pre-treatment* biasa diikuti dengan proses transesterifikasi. Namun sebelum produk *acid pre-treatment* diumpukan ke tahap transesterifikasi, di mana produk dari *acid pre-treatment* akan membentuk dua lapisan yaitu metil ester dan pengotor yang berupa air dan bagian terbesar katalis asam. Metil ester

akan digunakan untuk proses selanjutnya, sedangkan pengotor harus disingkirkan terlebih dahulu dengan proses pemisahan secara gravitasi. Hal ini dikarenakan air dapat bereaksi dengan katalis basa, sehingga jumlah katalis berkurang dan akan mempengaruhi *yield* biodiesel yang dihasilkan.

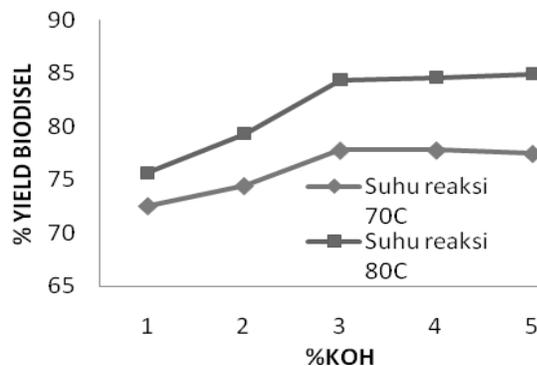
### Pengaruh Kadar Katalis KOH Terhadap Yield Biodiesel Yang Dihasilkan.

Pada Tabel 5 dan Gambar 6 disajikan hubungan antara kadar katalis KOH terhadap *yield* biodiesel untuk kedua suhu reaksi transesterifikasi yang digunakan. Dari Tabel 5 dan Gambar 6 terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya % b/b katalis KOH yang digunakan, akan diikuti juga peningkatan *yield* metil ester. Namun pada saat kadar KOH lebih tinggi daripada 2%, peningkatan *yield* biodiesel sudah tidak signifikan bahkan hampir konstan.

**Tabel 5.** Hubungan Antara Kadar KOH Terhadap Yield Biodiesel Untuk Kedua Suhu

Kadar Katalis KOH, % b/b	Yield Biodiesel (% b/b)	
	70 °C	80 °C
1	72,53	75,7
1,5	74,43	79,35
2	77,78	84,45
2,5	77,79	84,67
3	77,47	84,96

Pada katalis KOH dengan kadar 1 % hingga 2 % terjadi peningkatan *yield* biodiesel dengan meningkatnya % katalis KOH. Meningkatnya *yield* biodiesel ini dikarenakan semakin banyak katalis KOH, maka akan semakin mempercepat reaksi pembentukan biodiesel. Namun setelah mencapai kondisi



**Gambar 6.** Hubungan Antara Kadar KOH Terhadap Yield Biodiesel Untuk Kedua Suhu

optimum, *yield* biodiesel menurun. Dalam hal ini % katalis KOH yang berlebih akan meningkatkan viskositas biodiesel dan ini memiliki kecenderungan untuk membentuk *gel*. *Gel* tersebut akan bereaksi dengan air yang akan membentuk asam lemak bebas. Saat asam lemak bebas bereaksi dengan katalis basa, maka akan terbentuk sabun, sabun yang terbentuk teremulsi dengan gliserol yang mengakibatkan proses pemisahan gliserol menjadi sulit dilakukan.

Untuk kadar katalis KOH 2,5 dan 3 % b/b didapatkan *yield* biodiesel yang konstan. Ini diperkirakan bahwa saat kadar katalis KOH 2 % b/b reaksi transesterifikasi telah mencapai kondisi optimum, sehingga peningkatan *yield* biodiesel yang dihasilkan semakin sedikit. Hal ini disebabkan sebagian besar trigliserida sudah beraksi, sehingga kenaikan kadar katalis KOH tidak berpengaruh lagi. Oleh sebab itu, pada kadar KOH 2,5 dan 3 % b/b dihasilkan *yield* biodiesel yang konstan dengan waktu reaksi yang sama.

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa pada reaksi transesterifikasi ini dengan semakin tinggi % b/b katalis KOH yang digunakan, maka *yield* biodiesel dari minyak babi juga akan semakin meningkat. Dan didapat *yield* biodiesel optimum dalam reaksi transesterifikasi ini adalah pada penggunaan 2 % b/b katalis KOH. Untuk kadar katalis KOH 2,5 dan 3 % b/b dihasilkan *yield* biodiesel yang mulai konstan.

Produk dari reaksi transesterifikasi terdiri dari dua lapisan yang saling tidak melarutkan satu dengan yang lainnya (*immiscible*) yaitu lapisan biodiesel dan lapisan gliserol. Pada lapisan biodiesel terdiri dari metil ester sebagai komponen utama serta pengotor yang terdiri dari gliserol dan sisa reaktan (metanol dan sisa minyak babi). Sisa reaktan akan cenderung bersama dengan gliserol di lapisan bawah, sedangkan biodiesel akan berada di lapisan atas. Hal ini dikarenakan densitas dari gliserol lebih tinggi daripada densitas biodiesel. Kemudian terhadap produk reaksi tersebut dilakukan pemisahan biodiesel dan gliserol. Namun dalam pemisahan tersebut belum cukup sempurna, sehingga di dalam biodiesel ini kemungkinan masih ada sebagian gliserol bebas yang terlarut selain adanya gliserol yang terikat di dalam biodiesel.

Kadar metanol yang tinggi akan meningkatkan kelarutan gliserol dalam metil ester yang berada dalam lapisan biodiesel<sup>[13]</sup>. Hal ini dikarenakan metanol dapat berperan sebagai pelarut gliserol dalam metil ester<sup>[12]</sup>.

Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya kadar katalis KOH yang digunakan, maka akan semakin tinggi minyak babi yang terkonversi menjadi metil ester. Semakin tinggi minyak babi yang terkonversi menjadi metil ester, maka akan menurunkan kelarutan gliserol dalam metil ester. Hal ini dikarenakan semakin sedikit metanol dalam produk reaksi. Dampak lain, jika masih terdapat banyak sisa metanol dalam produk reaksi akan menyulitkan pemisahan gliserol dan metil ester. Sisa gliserol dalam metil ester yang berada dalam lapisan biodiesel akan mempengaruhi kinerja bahan bakar, karena gliserol akan cenderung menggumpal dan mengendap pada bagian bawah tangki penyimpanan bahan bakar dan menyumbat perpipaan bahan bakar saat dipompa ke ruang pembakaran.

### **Pengaruh Suhu Terhadap Yield Biodiesel Pada Reaksi Transesterifikasi**

Pada penelitian ini, dilakukan proses reaksi transesterifikasi dengan menggunakan suhu yang bervariasi dengan maksud untuk menghasilkan *yield* yang tertinggi. Berdasarkan pada Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu reaksi, maka *yield* biodiesel juga semakin meningkat.

Perbedaan yang signifikan juga terjadi pada *yield* biodiesel yang dihasilkan pada suhu reaksi 70 dan 80 °C. Oleh karena laju reaksi transesterifikasi sangat dipengaruhi oleh suhu reaksi, dengan semakin tinggi suhu, maka semakin besar *yield* biodiesel yang dihasilkan.

Pada suhu 70 °C reaksi transesterifikasi masih belum maksimal, sehingga *yield* biodiesel yang dihasilkan masih di bawah 80%. Hal ini karena pada suhu ini laju reaksi masih berjalan pada laju yang cukup lambat, sehingga untuk menghasilkan metil ester yang lebih banyak diperlukan waktu yang lebih lama yaitu lebih daripada 1 jam. Agar didapatkan *yield* biodiesel yang optimum reaksi dijalankan pada suhu 80 °C. Hal ini disebabkan dengan semakin tinggi suhu reaksi yang digunakan, maka lama reaksi dapat dipersingkat. Berdasarkan hasil penelitian sebagaimana disajikan pada Tabel 5, maka dapat disimpulkan bahwa pada suhu 80 °C reaksi transesterifikasi berjalan maksimal. Di mana pada suhu reaksi 80 °C tersebut perubahan asam-asam lemak dari trigliserida menjadi metil ester sudah sebagian besar berlangsung, sehingga *yield* biodiesel telah maksimal.

Untuk suhu reaksi di atas 70 °C, jika pemanas yang digunakan ialah pemanas tipe jaket akan ditemui kesulitan dalam

pengendalian suhu tersebut. Hal ini terlihat pada saat dilakukan kenaikan suhu untuk mencapai 90 °C yang memerlukan waktu yang cukup lama. Dengan demikian untuk mengantisipasi hal ini penelitian tidak dilakukan variasi suhu 90 °C dan suhu yang lebih tinggi. Pada suhu reaksi 80 °C *yield* reaksi minyak babi menjadi metil ester mencapai 84 %.

#### Analisis Karakteristik Biodiesel yang Dihasilkan Pada Variasi Kadar KOH dan Variasi Suhu

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan variasi kadar katalis KOH yang digunakan pada suhu 70 dan 80°C, maka terhadap produk biodiesel dilakukan analisis karakteristik menurut Standar Nasional Indonesia yaitu densitas, viskositas, dan *flash point*. Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah biodiesel (metil ester) yang dihasilkan dapat memenuhi syarat sebagai bahan bakar minyak menurut SNI 04-7182-2006.

Data analisis karakteristik biodiesel disajikan pada Tabel 6 dan 7. Dari Tabel 6 dan Tabel 7 terlihat bahwa biodiesel yang dihasilkan dari reaksi antara minyak babi dengan metanol telah memenuhi standar SNI 04-7182-2006. Viskositas dan densitas yang diperoleh dari penelitian telah memenuhi kisaran yang ditetapkan oleh SNI yaitu 2,3–6,0 mm<sup>2</sup>/s dan 850–890 kg/m<sup>3</sup>. Viskositas yang besar akan mempersulit fluida untuk mengalir dan akan menyebabkan penyumbatan dalam pipa saluran bahan bakar. Densitas yang besar mengakibatkan biodiesel menjadi kental dan akan memperlambat penguapan biodiesel. Semakin sedikit biodiesel yang teruapkan, maka semakin sedikit pembakaran yang terjadi di dalam mesin diesel. Hal ini akan memperlemah kinerja mesin.

**Tabel 6.** Data Analisis Karakteristik Biodiesel Hasil Reaksi Pada 70°C

KOH (% b/b)	Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )	Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)	Flash Point (°C)
1	870	5,774	164
1,5	879	5,688	164
2	880	5,681	167
2,5	874	5,721	167
3	882	5,669	168

Karakteristik *flash point* dari biodiesel diukur dengan metode ASTM D-93<sup>[14]</sup>. Nilai *flash point* sebagaimana disajikan pada Tabel 6 dan 7 telah memenuhi standar yaitu lebih besar

**Tabel 7.** Data Analisis Karakteristik Biodiesel Hasil Reaksi Pada 80°C

KOH (% b/b)	Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )	Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)	Flash Point (°C)
1	873	5,727	166
1,5	875	5,714	168
2	878	5,695	170
2,5	879	5,688	169
3	882	5,668	168

daripada 100 °C. Nilai *flash point* yang cukup tinggi mengindikasikan faktor keamanan selama penyimpanan dan distribusi biodiesel yang cukup aman. Uap dari biodiesel tidak akan terbakar pada suhu yang lebih rendah. Hal ini menguntungkan karena bahan bakar ini tidak mudah terbakar.

#### Analisis Karakteristik Biodiesel yang Dihasilkan Pada Reaksi Dengan Kadar KOH 2 % b/b dan Suhu 80 °C

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa *yield* reaksi terbaik didapatkan pada kondisi reaksi dengan suhu reaksi transesterifikasi 80 °C dan kadar katalis KOH setinggi 2 % b/b. Maka terhadap produk biodiesel yang dihasilkan pada kondisi tersebut dilakukan analisis karakteristik menurut standar yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI). Data analisis tersebut disajikan pada Tabel 7.

Dari Tabel 7 terlihat bahwa nilai *flash point* yang didapat dari penelitian adalah 170 °C. Ini merupakan nilai *flash point* yang cukup tinggi dan mengindikasikan faktor keamanan selama penyimpanan dan distribusi biodiesel yang cukup aman, karena pada suhu 170 °C tersebut uap biodiesel mulai terbakar. Karakteristik ini tentu akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan biodiesel yang memiliki *flash point* yang cukup rendah. Hal ini berimbang langsung pada faktor keamanan selama penggunaan.

Parameter viskositas mengindikasikan kemampuan biodiesel untuk mengalir, semakin besar viskositas, maka biodiesel tersebut semakin sulit untuk mengalir. Viskositas suatu bahan bakar merupakan faktor penting untuk kerja mesin. Viskositas dari bahan bakar biasanya cukup tinggi. Dengan semakin meningkatnya suhu, maka viskositas akan semakin menurun. Biodiesel hasil penelitian ini memiliki viskositas 5,695 mm<sup>2</sup>/s, yang telah memenuhi Standar Nasional Indonesia yaitu 2,3–6,0 mm<sup>2</sup>/s.

Densitas merupakan perbandingan antara massa dengan volume dari suatu substansi pada

suatu temperatur tertentu. Densitas merupakan faktor yang penting terutama menyangkut dari atomisasi bahan bakar di dalam mesin diesel yang digunakan. Untuk densitas dari biodiesel sendiri berkisar  $850 - 890 \text{ kg/m}^3$ , di mana pada biodiesel ini telah memenuhi standar yaitu  $878 \text{ kg/m}^3$ .

Dari hasil analisis, maka nilai bilangan asam adalah  $0,24 \text{ mg-KOH/g}$  sampel telah memenuhi syarat. Bilangan asam digunakan untuk menentukan jumlah kandungan asam lemak bebas yang terdapat di dalam suatu minyak. Adanya asam lemak bebas di dalam biodiesel akan bisa menyebabkan terjadinya korosi di dalam mesin dan akan menyebabkan gejala oksidasi dari bahan bakar. Metode ini mengukur jumlah dari miligram basa (KOH) per gram sampel minyak yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat di dalam sampel, dengan menggunakan indikator fenoltalein untuk menentukan titik netral dari sampel.

Sifat-sifat biodiesel untuk bilangan iodin menunjukkan tingkat kejenuhan asam lemak dari biodiesel. Semakin tidak jenuh asam lemak yang ada, maka bilangan iodin pun semakin tinggi. Jenuh dan ketidakjenuhan dari asam lemak dapat dilihat dari banyaknya ikatan rangkap dalam asam lemak. Bilangan iodin yang tinggi menunjukkan kecenderungan lemak/minyak untuk cepat rusak selama masa penyimpanan. Di mana berdasarkan hasil penelitian angka bilangan iodin dalam biodiesel adalah  $10,97 \text{ (g I}_2/100 \text{ g biodiesel)}$  dan telah memenuhi syarat biodiesel.

*Sulfated ash* adalah banyaknya padatan yang tersisa ketika bahan bakar dibakar dalam ruang pembakaran. Semakin tinggi kadar abu yang terkandung, maka akan cenderung untuk membentuk endapan dalam mesin. Semakin rendah kadar abu, maka akan memperpanjang umur mesin. Karakteristik *sulfated ash* dari biodiesel diukur dengan metode ASTM D-847<sup>[15]</sup>. Dari hasil penelitian angka *sulfated ash* adalah  $0,0077 \%$  b/b. Apabila angka tersebut melebihi ketentuan, maka akan dapat merusak mesin.

Hasil dari penelitian *Calculated cetane index* adalah 47, dan telah memenuhi syarat biodiesel. *Calculated cetane index* digunakan untuk mengetahui kualitas pembakaran dari biodiesel selama proses *ignition*. Proses *ignition* adalah proses sebelum pembakaran bahan bakar mulai terjadi. Semakin tinggi *cetane index* pada bahan bakar, maka proses *ignition* akan menjadi lebih singkat. *Calculated cetane index*

diperoleh dari densitas dan titik didih bahan bakar.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Jumlah katalis basa yang diperlukan dalam reaksi transesterifikasi adalah katalis KOH dengan kadar  $2 \%$  b/b, dengan menghasilkan *yield* biodiesel pada kondisi maksimum sebesar  $84,45 \%$ ;
2. Suhu terbaik yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi adalah  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  di mana akan menghasilkan *yield* biodiesel yang maksimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Biswas, S., Kaushik, N. dan Srikanth, G., *Biodiesel: Technology & Business Opportunities– An Insight, Technology Information, Forecasting and Assessment Council (TIFAC) Department of Science & Technology*, Hlm. 1, TIFAC India, New Delhi, 2005
- [2] Hambali, E., *Teknologi Bioenergi*, Hlm. 8-10, 12-15, 25-26, PT. Agromedia, Jakarta Selatan, 2007
- [3] Ryan, P.E. and David, *Biodiesel - A Primer*, Hlm. 1-3, ATTRA, Fayetteville, Arkansas, 2004
- [4] Ardiyanti, J. A. R, dan Utomo, J., *Biodiesel as a Future Fuel*, Hlm. 87-93, Prosiding Design and Application of Technology, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya, 2002
- [5] Biro Pusat Statistik, *Statistik Pertanian*. 2005, [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id), Diakses 25 Februari 2005
- [6] Dewi, R. G. dan Soerawidjaja, T. H., *Integrasi Pertimbangan Lingkungan pada Perancangan Sistem Proses Produksi Biodiesel dari Minyak-minyak Nabati*, Prosiding Seminar Nasional dan Rekayasa Kimia dan Proses, Universitas Diponegoro, Semarang, 2004
- [7] Lin, C. Y., Lin, H. A., dan L.B. Hung, L. B., "Fuel Structure and Properties of Biodiesel Produced by The Peroxidation Process", *Fuel*, Vol. 85, No. 12-13, Hlm.1743-1749, 2006
- [8] Knothe, G., "Analytical Methods Used in the Production and Fuel Quality Assesment of Biodiesel", *Trasactions of The ASAE*, Vol. 44, No. 2, Hlm. 193-200, 2001
- [9] Sutrisno, B., dan Hidayat, A., *Pemanfaatan Biodiesel Sebagai Bahan*

- 
- Bakar Alternatif*, Hlm. 46-51, Prosiding Seminar Nasional Design and Application of Technology, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya, 2002
- [10] Meher, L. C., Sagar, D. V., dan Naik, S. N., "Technical aspects of Biodiesel Production by Transesterification a Review", *Renew Sustainable Energ. Rev.* Vol. 10, Hlm. 248-268, 2006
- [11] Kurata, S., Yamaguchi, dan Nagai, M., "Rapid Discrimination of Fatty Acid Composition in Fats and Oils by Electrospray Ionization Mass Spectrometry", *Analytical Sciences*, Vol. 21, Hlm. 1457-1465, 2005
- [12] Ketaren, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Hlm. 189-190, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, 1996
- [13] Singh, R., *Making Biodiesel in Fiji: facilitating sustainable biofuel production in the Fiji region*, [http://www.sopac.org/tiki/tiki-download\\_file.php?fileId=499](http://www.sopac.org/tiki/tiki-download_file.php?fileId=499), Diakses 26 Februari 2009
- [14] ASTM D 93, *Standard Test Method for Flash-Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester*, ASTM, Pennsylvania
- [15] ASTM D 874, *Standard Test Method for Sulfated Ash from Lubricating Oils and Additives*, ASTM, Pennsylvania