

PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA DAN METANOL MENGGUNAKAN KATALIS H-ZEOLIT

Yudhi Karistian¹⁾, Linda Suteja¹⁾, Suratno Lourentius²⁾, Setiyadi²⁾
E-mail: dragon.blue.777@gmail.com

ABSTRAK

Seiring dengan semakin langkanya sumber minyak bumi dan gencarnya isu lingkungan hidup, pengembangan biodiesel sebagai bahan bakar merupakan pilihan yang tepat. Biodiesel memiliki sifat fisis dan kimia yang hampir sama dengan minyak diesel yang berasal dari minyak bumi. Selain itu, emisi pembakaran dari biodiesel lebih rendah daripada emisi minyak diesel. Biodiesel dapat dibuat dari minyak kelapa melalui proses reaksi transesterifikasi menggunakan metanol dan katalis zeolit.

Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh kondisi operasi, yakni waktu, suhu, dan persen volume metanol terhadap yield biodiesel. Reaksi dilangsungkan di dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan motor pengaduk dan pengaduk merkuri. Pengadukan dilakukan dengan kecepatan tetap 600 rpm. Jumlah katalis yang digunakan (zeolit) 5% berat total campuran metanol dengan minyak. Variabel-variabel yang diteliti yaitu: waktu (menit): 30, 60, 90, dan 120; suhu reaksi (°C): 45, 50, 55, dan 60; persen volume metanol (%): 15, 20, 25, 30, dan 35.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa yield biodiesel paling besar adalah 39,73%, dicapai pada kondisi temperatur 60°C, waktu 90 menit dengan persen volume metanol 30%. Setelah didapatkan kondisi optimum dan biodiesel yang didapatkan telah dimurnikan, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis karakteristik biodiesel tersebut. Biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI).

Kata kunci: minyak kelapa, persen volume metanol, yield biodiesel, zeolit, waktu, suhu

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi dan pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk menuntut semakin meningkatnya kebutuhan energi, salah satunya adalah minyak bumi. Minyak bumi merupakan sumber energi yang sangat dibutuhkan dalam bidang transportasi dan industri, tetapi minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Di bawah ini ditampilkan tabel tentang penggunaan bahan bakar minyak di Indonesia^[1].

Tabel 1. Penggunaan Bahan Bakar Minyak di Indonesia^[1]

| Jenis BBM | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|---------------|--------|--------|--------|----------------------|
| Premium | 14.647 | 16.418 | 17.459 | 17.067 |
| Minyak tanah | 11.753 | 11.846 | 11.370 | 10.018 |
| Solar | 24.064 | 26.488 | 27.466 | 25.092 ^{*)} |
| Minyak diesel | 1.183 | 1.093 | 892 | 498 |
| Minyak bakar | 6.216 | 5.755 | 4.803 | 4.785 ^{*)} |

Sumber: Ditjen Migas, 2007

Catatan: - Satuan kiloliter (kl)

*) Belum termasuk impor BBM swasta sekitar 350.000 kl 60% untuk solar dan 40% untuk minyak bakar

Harga minyak bumi saat ini cenderung selalu mengalami kenaikan. Harga minyak solar pada 1 Mei 2009 sebesar 988,04 US\$/kL^[2]. Untuk mengantisipasi masalah tersebut telah dilakukan proses pencairan batu bara dan proses pencairan gas alam menjadi bahan bakar cair. Hal ini dikarenakan bahan bakar cair lebih mudah dalam pemakaian dan distribusinya, serta lebih murni.

Selain itu, Indonesia memiliki bahan tambang batubara dan gas alam yang cukup melimpah. Namun bahan ini masih belum dimanfaatkan secara maksimal, karena biaya proses produksi masih sangat mahal. Dengan demikian, harga bahan bakar produk proses pencairan itu jauh lebih mahal dibandingkan dengan bahan bakar dari proses perengkahan minyak bumi. Oleh karena itu, pemecahan lain yang lebih memungkinkan adalah dengan melakukan substitusi bahan bakar tersebut, contohnya adalah substitusi minyak diesel dengan metil ester (biodiesel) dari minyak kelapa melalui proses transesterifikasi^[3].

Campuran dari 95 persen solar dan 5 persen biodiesel membentuk biosolar. Dari Tabel 1 tampak bahwa penggunaan solar lebih banyak dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar minyak (bbm) lain jenis. Maka dari itu, jika ingin menekan jumlah bbm dan meningkatkan kualitas udara, maka solar biasa

¹⁾ Mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

²⁾ Staf Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

harus diubah menjadi biosolar. Jika dibandingkan dengan solar biasa, secara umum biosolar lebih baik, karena ramah lingkungan, emisi pembakarannya bersih, *biodegradable*, mudah dikemas dan disimpan, serta merupakan bahan bakar yang dapat diperbarui^[1].

Biodiesel biasa diproduksi dari minyak nabati dengan reaksi transesterifikasi. Pada minyak kelapa terdapat asam lemak yang dapat dikonversikan menjadi metil ester. Metil ester ini memiliki karakteristik yang sama dengan minyak diesel. Pada tahun 2005, produksi kelapa di Indonesia 880 ribu ton kelapa. Hasil pengubahan minyak kelapa menjadi metil ester tidak menimbulkan pencemaran lingkungan, karena rendahnya kandungan belerang dioksida dalam emisi asap dan karbon monoksida^[4].

Saat orang mendengar minyak kelapa, maka mereka akan mengira minyak kelapa adalah minyak untuk memasak saja. Tapi kini minyak kelapa telah dikembangkan sebagai bahan bakar karena dalam satu molekul minyak kelapa terdiri dari 1 unit gliserin dan sejumlah asam lemak, serta 3 (tiga) unit asam lemak dari rantai karbon panjang adalah *triglyseride* (lemak dan minyak). Potensi kelapa di Indonesia sangat besar. Hal ini terlihat dari produksi kelapa dalam negeri yang selalu memperlihatkan peningkatan dari tahun ke tahun. Pengolahan minyak kelapa menjadi biodiesel adalah salah satu alternatif dalam memanfaatkan minyak kelapa. Keuntungan yang bisa diperoleh dari penelitian ini adalah dapat membuat energi alternatif dari bahan minyak kelapa yang mempunyai nilai ekonomi rendah^[5].

Dalam penelitian ini digunakan katalis padat yaitu zeolit karena katalis ini relatif mudah untuk dipisahkan dari hasil reaksi dibandingkan dengan katalis lainnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Indonesia kaya akan bahan baku penghasil biodiesel. Tanaman jarak, kelapa, dan kelapa sawit mempunyai kandungan minyak yang tinggi, yaitu di atas 1600 liter tiap hektarnya. 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^[4].

Biodiesel

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 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^[4]:

- Bahan bakar 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.

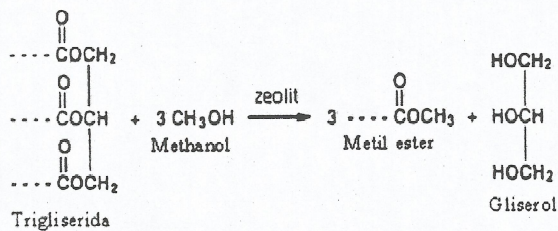
Reaksi Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah penggantian gugus alkohol dari ester dengan alkohol lain dalam suatu proses yang menyerupai hidrolisis. Bedanya, bahan yang digunakan dalam proses ini bukan air, melainkan alkohol. Sebagai katalisnya digunakan NaOH, KOH, HCl atau H₂SO₄ serta katalis padat. Jenis alkohol yang biasa digunakan adalah metanol karena harganya murah. Selain metanol, jenis alkohol yang bisa digunakan adalah etanol.

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi kesetimbangan, sehingga diperlukan alkohol dalam jumlah berlebih untuk mendorong reaksi ke kanan menghasilkan metil ester (biodiesel). Faktor utama yang mempengaruhi *yield* metil ester yang dihasilkan pada reaksi ini adalah perbandingan molar antara alkohol dengan trigliserida, jenis katalis yang digunakan, suhu reaksi, waktu reaksi, kandungan air, serta kandungan asam lemak bebas dalam bahan baku yang dapat menghambat reaksi. Faktor lain yang mempengaruhi kandungan metil ester dalam biodiesel diantaranya adalah kandungan gliserol, jenis alkohol yang digunakan pada reaksi transesterifikasi, serta jumlah katalis sisa dan kandungan sabun^[6]. Reaksi transesterifikasi disajikan pada Gambar 1.

Standar Mutu Biodiesel

Biodiesel yang berkualitas adalah yang sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan



Gambar 1. Reaksi Transesterifikasi^[4]

kan. Saat ini, standar mutu biodiesel mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 04-7182-2006 tentang biodiesel sebagaimana disajikan pada Tabel 2^[6].

Tabel 2. Standar Nasional Indonesia Untuk Biodiesel^[6]

| No | Parameter | Satuan | Nilai |
|----|--|--------------------|------------------------|
| 1 | Massa jenis pada 15°C | kg/m ³ | 850 – 890 |
| 2 | Viskositas kinematik pada 40°C | mm ² /s | 2,3 – 6,0 |
| 3 | Angka setana | | Min 57 |
| 4 | Titik nyala | °C | Min 100 |
| 5 | Titik kabut | °C | Maks 18 |
| 6 | Residu karbon: - dalam sampel asli, - atau dalam 10% ampas destilasi | %-m | Maks 0,05 Maks 0,30 |
| 7 | Air dan sedimen | %-v | Maks 0,05 |
| 8 | Temperatur distilasi 90% | °C | Maks 360 |
| 9 | Abu tersulfatkan | %-m | Maks 0,02 |
| 10 | Belerang | ppm-m (mg/kg) | Maks 100 |
| 11 | Fosfor | ppm-m | Maks 10 |
| 12 | Angka asam | (mg/kg) | Maks 0,8 |
| 13 | Gliserol bebas | mg KOH/g | Maks 0,02 |
| 14 | Gliserol total | %-m | Maks 0,24 |
| 15 | Kadar alkil ester | %-m | Min 96,5 |
| 16 | Angka iodium | %-m | Maks 115 |

Ada beberapa komponen yang sangat menarik dalam SNI 04-7182-2006 di antaranya *Fatty Acid Methyl Ester (FAME)* disyaratkan mengandung belerang maksimum 100 ppm, sehingga terkategori akrab lingkungan. Viskositas biodiesel ditetapkan relatif rendah yakni 2,3–6,0 mm²/s. Hal ini dapat dicapai apabila proses konversi minyak nabati secara kimia di pabrik biodiesel berlangsung sempurna^[1].

Pengaruh Viskositas

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi. Biasanya dinyatakan dalam waktu yang diperlukan untuk mengalir

pada jarak tertentu. Jika viskositas semakin tinggi, tahanan untuk mengalir akan semakin tinggi. Karakteristik ini sangat penting karena mempengaruhi kinerja injektor pada mesin diesel.

Atomisasi bahan bakar sangat tergantung pada viskositas, tekanan injeksi, serta ukuran lubang injektor. Viskositas yang lebih tinggi akan membuat bahan bakar teratomisasi menjadi tetesan yang lebih besar dengan momentum tinggi dan memiliki kecenderungan bertumbukan dengan dinding silinder yang relatif lebih dingin. Hal ini menyebabkan pemadaman *flame* dan peningkatan deposit, penetrasi semprot bahan bakar, dan emisi mesin.

Sebaliknya bahan bakar dengan viskositas rendah akan memproduksi *spray* yang terlalu halus dan tidak dapat masuk lebih jauh ke dalam silinder pembakaran, sehingga terbentuk daerah *fuel rich zone* yang menyebabkan pembentukan jelaga. Viskositas juga menunjukkan sifat pelumasan atau lubrikasi dari bahan bakar. Viskositas yang relatif tinggi mempunyai sifat pelumasan yang lebih baik^[1].

Massa Jenis

Massa jenis menunjukkan perbandingan berat per satuan volume. Karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar.

Jika biodiesel mempunyai massa jenis melebihi ketentuan, akan terjadi reaksi tidak sempurna pada konversi minyak nabati. Biodiesel dengan mutu seperti ini seharusnya tidak digunakan untuk mesin diesel karena akan meningkatkan keausan mesin, emisi, dan menyebabkan kerusakan pada mesin^[1].

Titik Nyala

Titik nyala adalah titik temperatur terendah yang menyebabkan bahan bakar dapat menyala. Penentuan titik nyala ini berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar.

Titik nyala biodiesel berbasis *Crude Palm Oil (CPO)* sebenarnya 185°C. Angka ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai standar petrosolar (*High Speed Diesel, HSD* Pertamina), minimum 66°C. Standar Nasional Indonesia untuk biodiesel menetapkan minimum 100°C untuk mengeliminasi kontaminasi metanol akibat proses konversi

minyak nabati yang tak sempurna. Metanol memiliki titik nyala yang rendah yaitu 11°C ^[1].

Bilangan Asam

Bilangan asam yang tinggi merupakan indikator biodiesel yang masih mengandung asam lemak bebas. Berarti, biodiesel bersifat korosif dan dapat menimbulkan kerak di injektor mesin diesel^[1].

Bilangan Iodin

Angka ini menunjukkan banyaknya ikatan rangkap dua di dalam asam lemak penyusun biodiesel. Rantai rangkap merupakan indikator asam lemak tidak jenuh. Semakin tinggi ketidakjenuhan, maka titik kabut akan semakin rendah. Namun, ada dampak negatifnya yaitu kemungkinan terjadinya pembentukan asam lemak bebas.

Ketika mesin diesel dioperasikan pada *FAME* yang memiliki angka iodium lebih besar dari 115, maka akan terbentuk deposit di lubang saluran injeksi, piston ring, dan kanal piston ring. Keadaan ini disebabkan lemak ikatan rangkap mengalami ketidakstabilan akibat temperatur tinggi, sehingga terjadi reaksi polimerisasi dan terakumulasi dalam bentuk karbonisasi^[1].

Kadar Gliserol

Keberadaan gliserol (produk samping pembuatan biodiesel) dan gliserida (mono-, di-, dan tri-) dapat membahayakan mesin diesel, terutama akibat adanya gugus OH yang secara kimiawi agresif terhadap logam bukan besi dan campuran krom. Adanya senyawa gliserida dalam *FAME* disebabkan oleh konversi minyak nabati yang kurang sempurna selama proses transesterifikasi atau reaksi balik antara gliserin dan metil ester^[1].

Minyak Kelapa

Minyak kelapa dihasilkan dari buah kelapa tua, yakni diperoleh dari daging buah kelapa yang diekstrak melalui pembuatan santan dan akhirnya diolah menjadi minyak. Minyak kelapa dapat juga dihasilkan dari proses pengeringan buah kelapa menjadi kopra dan selanjutnya diolah untuk mendapatkan minyaknya. Berdasarkan kandungan asam lemak, minyak kelapa digolongkan ke dalam minyak asam laurat, karena komposisi asam tersebut paling besar dibandingkan dengan asam lemak lainnya. Komposisi asam lemak minyak kelapa disajikan pada Tabel 3^[4].

Sifat-sifat Lemak atau Minyak

Sifat fisiko-kimia lemak dan minyak berbeda satu sama lain, tergantung dari sumbernya. Secara umum, bentuk trigliserida lemak dan minyak sama, tetapi wujudnya berbeda. Dalam pengertian sehari-hari, disebut lemak jika berbentuk padat pada suhu kamar dan disebut minyak jika berbentuk cair pada suhu kamar.

Tabel 3. Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa^[4]

| Asam Lemak | Jumlah (%) |
|-------------------------|-------------|
| Asam lemak jenuh: | |
| • Asam kaproat | 0,4 – 0,6 |
| • Asam kaprilat | 6,9 – 9,4 |
| • Asam kaprat | 6,2 – 7,8 |
| • Asam laurat | 45,9 – 50,3 |
| • Asam miristat | 16,8 – 19,2 |
| • Asam palmitat | 7,7 – 9,7 |
| • Asam stearat | 2,3 – 3,2 |
| Asam lemak tidak jenuh: | |
| • Asam oleat | 5,4 – 7,4 |
| • Asam linoleat | 1,3 – 2,1 |

Trigliserida dapat berbentuk padat atau cair berhubungan dengan asam lemak penyusunnya. Minyak nabati sebagian besar berbentuk cair karena mengandung sejumlah asam lemak tidak jenuh seperti asam oleat ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$), asam linoleat ($\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$), dan asam linolenat ($\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$). Asam-asam lemak termasuk asam lemak esensial yang dapat mencegah timbulnya gejala *arteriosclerosis* karena penyempitan pembuluh darah akibat penumpukan kolesterol. Sebaliknya, asam lemak hewani umumnya pada suhu kamar berbentuk padat karena banyak mengandung asam lemak jenuh seperti asam stearat ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$) dan asam palmitat ($\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$). Asam lemak jenuh mempunyai titik lebur lebih tinggi daripada asam lemak tidak jenuh^[7].

Metanol

Metanol, juga dikenal sebagai metil alkohol, *wood alcohol* atau spiritus, adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH_3OH . Metanol merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada keadaan atmosferis metanol berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol). Metanol digunakan sebagai: bahan pendingin, anti beku, pelarut, bahan bakar, dan sebagai bahan aditif bagi etanol industri. Spesifikasi metanol disajikan pada Tabel 4.

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan untuk memecah molekul trigliserida adalah metanol. Metanol lebih dipilih dibandingkan etanol karena etanol adalah alkohol yang terbuat dari padi-padian, sedangkan metanol terbuat dari batu bara, gas

Tabel 4. Spesifikasi dari metanol^[8]

| Nama sistematis | Metanol |
|-----------------------------|---|
| Nama lain | Hidroksimetana; metil alkohol; alkohol kayu; karbinol |
| Rumus molekul | CH ₄ O |
| Berat molekul | 32,04 g/mol |
| Wujud pada suhu ruang | Cairan tidak berwarna |
| Massa jenis dan fase | 0,79 g/cm ³ , cairan |
| Kelarutan dalam air | Sangat larut |
| Titik leleh | -97 °C (176 K) |
| Titik didih | 64,7 °C (337,8 K) |
| Keasaman (pK _a) | ~ 15,5 |
| Viskositas | 0,59 mPa·s pada 20 °C |
| Titik nyala | 11°C |

alam, minyak bumi, kayu, sampah pertanian, atau sampah kota.

Selain itu, metanol merupakan turunan alkohol yang memiliki berat molekul paling rendah, sehingga kebutuhannya untuk proses transesterifikasi lebih sedikit, lebih murah, dan lebih stabil. Alasan lainnya adalah daya reaksinya lebih tinggi dibandingkan dengan etanol. Metanol tersedia dalam bentuk absolut sehingga proses hidrolisis dan pembentukan sabun akibat air yang terdapat dalam alkohol dapat diminimalkan^[8].

Zeolit

Zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium. Secara umum, zeolit memiliki molekul dengan struktur yang unik, atom silikon dikelilingi oleh 4 atom oksigen, sehingga membentuk semacam jaringan dengan pola yang teratur. Di beberapa tempat di jaringan ini, atom *silicon* digantikan dengan atom aluminium, yang hanya terkoordinasi dengan 3 atom oksigen. Atom aluminium ini hanya memiliki muatan 3+, sedangkan *silicon* sendiri memiliki muatan 4+. Keberadaan atom aluminium ini secara keseluruhan akan menyebabkan zeolit memiliki muatan negatif. Muatan negatif inilah yang menyebabkan zeolit mampu mengikat kation^[9].

Zeolit juga sering disebut sebagai "molecular sieve/molecular mesh" (saringan molekuler) karena zeolit memiliki pori-pori

berukuran molekuler, sehingga mampu memisahkan/menyaring molekul dengan ukuran tertentu. Zeolit mempunyai beberapa sifat antara lain: mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembab.

Oleh sebab sifatnya tersebut, maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering. Di samping itu zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan kation lainnya, misal zeolit melepas natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium atau magnesium. Sifat ini pula menyebabkan zeolit dapat dimanfaatkan untuk melunakkan air. Zeolit dengan ukuran rongga tertentu digunakan pula sebagai katalis untuk mengubah alkohol menjadi hidrokarbon, sehingga alkohol dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bensin^[10].

Meskipun banyak media berpori yang dapat digunakan sebagai penyerap atau pemisah campuran uap atau cairan, tetapi distribusi diameter dari pori-pori media tersebut tidak cukup selektif seperti halnya penyaring molekul (zeolit) yang mampu memisahkan berdasarkan perbedaan ukuran, bentuk, dan polaritas dari molekul yang disaring^[11].

Aktivasi zeolit

Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dalam 2 cara yaitu secara fisis dan kimiawi. Aktivasi secara fisis berupa pemanasan zeolit dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Pemanasan dilakukan pada suhu berkisar 300-400°C (untuk skala laboratorium), atau pemanasan secara penghampaan selama 3 jam atau tanpa penghampaan selama 5-6 jam (skala besar).

Aktivasi secara kimiawi dilakukan dengan larutan asam (H₂SO₄) atau basa (NaOH), dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Pereaksi kimia ditambahkan pada zeolit yang telah disusun dalam suatu tangki dan diaduk selama jangka waktu tertentu. zeolit kemudian dicuci dengan air sampai netral dan selanjutnya dikeringkan^[9].

Zeolit dipilih sebagai katalis untuk reaksi transesterifikasi karena zeolit mempunyai kemampuan untuk menjadi adsorben yang dapat mengadsorp asam atau basa yang akan digunakan sebagai katalis yang sebenarnya. Katalis zeolit teraktivasi oleh H₂SO₄ diperoleh dengan cara perendaman sampel zeolit dalam

larutan asam sulfat 1M selama 24 jam sambil diaduk dengan pengaduk magnet tanpa menggunakan pemanasan. Sampel selanjutnya dikalsinasi dengan cara dimasukkan ke dalam *furnace* pada suhu 450°C selama 5 jam.

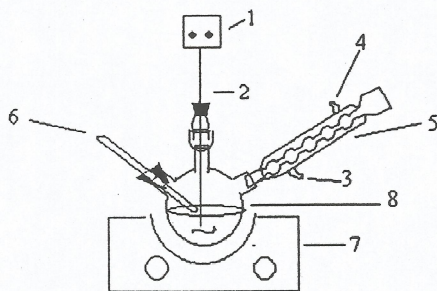
METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: minyak kelapa curah diperoleh dari P.T. Jatim Super, metanol teknis (CH₃OH), zeolit SAP, H₂SO₄, dan akuades.

Rangkaian Alat Penelitian

Rangkaian alat dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 2.



Keterangan Gambar 2:

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

Gambar 2. Seperangkat Alat Untuk Proses Transterifikasi

Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini terdapat dua variabel yaitu variabel tetap dan berubah. Variabel berubahnya adalah waktu pengadukan (menit): 30, 60, 90, dan 120; suhu reaksi (°C): 45, 50, 55, dan 60; volume metanol (%): 15, 20, 25, 30, dan 35. Sedangkan variabel tetapnya adalah kecepatan pengadukan 600 rpm, katalis yang digunakan adalah zeolit, jumlah katalis adalah 5 persen dari total berat umpan (campuran metanol dan minyak kelapa).

Tahapan proses yang dilakukan pertama kali yaitu preparasi zeolit. Preparasi zeolit dilakukan dengan cara zeolit ditimbang sebanyak 150 gram dengan neraca kasar lalu dimasukan ke dalam *beaker glass*, ditambahkan H₂SO₄ 1 M sebanyak 1200 mL. Setelah itu

diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam, tanpa menggunakan pemanasan. Esok harinya zeolit dipisahkan dan dibilas dengan akuades, ditiriskan menggunakan *jet pump* dan corong *buchner* lalu dimasukkan ke dalam *furnace* pada suhu 450°C selama 5 jam.

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan biodiesel yang dilakukan dengan cara sebagai berikut minyak kelapa sebanyak 140 mL dipanaskan hingga suhu 60°C dalam labu leher tiga menggunakan jaket pemanas sambil diaduk. Setelah mencapai suhu yang diinginkan, metanol sebanyak 60 mL dan zeolit sebanyak 5% total berat umpan dimasukkan ke dalam labu leher tiga tersebut. Campuran tersebut diaduk dengan kecepatan 600 rpm. Setelah reaksi berlangsung selama 30 menit kemudian reaksi dihentikan. Selanjutnya biodiesel dipisahkan dari hasil reaksi dan katalis. Langkah ini diulangi untuk waktu reaksi 60, 90 dan 120 menit.

Sampel yang telah diambil, dipisahkan dari padatan zeolit dengan pompa vakum dan corong *buchner*. Lalu sampel tersebut dimasukkan ke dalam corong pemisah, dikocok beberapa saat, dan didiamkan semalam. Gliserol yang terbentuk dipisahkan dahulu dari metanol, kemudian ditimbang. Biodiesel (metil ester) yang berada pada lapisan atas, dipisahkan dari minyak yang belum terkonversi untuk dianalisis. Ulangi tahap ini dengan variasi persen volume metanol dan suhu yang berbeda sesuai dengan variabel penelitian yang telah ditetapkan.

Langkah selanjutnya adalah pemurnian biodiesel. Biodiesel dimasukkan kembali ke dalam corong pemisah, dicampur dengan aquades hangat sebanyak 100 mL, dan dikocok sebentar. Setelah biodiesel dan air yang mengandung pengotor terpisah biodiesel dimasukkan ke dalam *beaker glass*, kemudian dipanaskan di atas *hot plate*.

Dalam penelitian ini bahan baku yang akan digunakan dianalisis terlebih dahulu. Analisis yang dilakukan adalah: %*Free Fatty Acid (FFA)*, kadar air, kadar peroksida, dan kadar iodin. Selain itu biodiesel yang dihasilkan dianalisis karakteristiknya yang meliputi: bilangan asam, *flash point*, viskositas kinematik (v), gliserol total, densitas, dan bilangan iodin^[6].

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis Bahan Baku

Kadar *FFA* menyatakan persentase kandungan asam lemak bebas dalam minyak.

Kandungan *FFA* dalam minyak kelapa akan mengakibatkan berkurangnya *yield* biodiesel yang dihasilkan. Berkurangnya *yield* biodiesel disebabkan karena adanya proses penyabunan apabila katalis yang digunakan adalah NaOH, KOH, atau basa lainnya. Untuk reaksi yang menggunakan katalis asam, *FFA* akan berpengaruh pada kualitas biodiesel, yaitu bilangan asam. Kadar *FFA* yang seharusnya kurang daripada 1% untuk menghindari pembentukan sabun. Dari hasil analisis, diketahui bahwa kadar *FFA* pada minyak kelapa yang akan digunakan sebagai bahan baku sebesar 0,0752%, sehingga minyak tersebut telah memenuhi syarat untuk dikonversi menjadi metil ester dan tidak memerlukan *acid pretreatment* lagi.

Pada analisis kadar air didapatkan hasil sebesar 0,234%. Kadar air dalam minyak kelapa dapat berpengaruh pada kemurnian hasil. Kandungan air dapat menyebabkan korosi pada mesin diesel. Kandungan air juga dapat menyebabkan proses hidrolisis pada biodiesel, sehingga akan meningkatkan bilangan asam, dan menurunkan pH.

Asam lemak yang tidak jenuh dalam minyak dan lemak mampu menyerap sejumlah iod dan membentuk senyawa yang jenuh. Besarnya jumlah iod yang diserap menunjukkan banyaknya ikatan rangkap atau ikatan tidak jenuh.

Bilangan iod dinyatakan sebagai jumlah gram iod yang diserap oleh 100 gram minyak atau lemak.

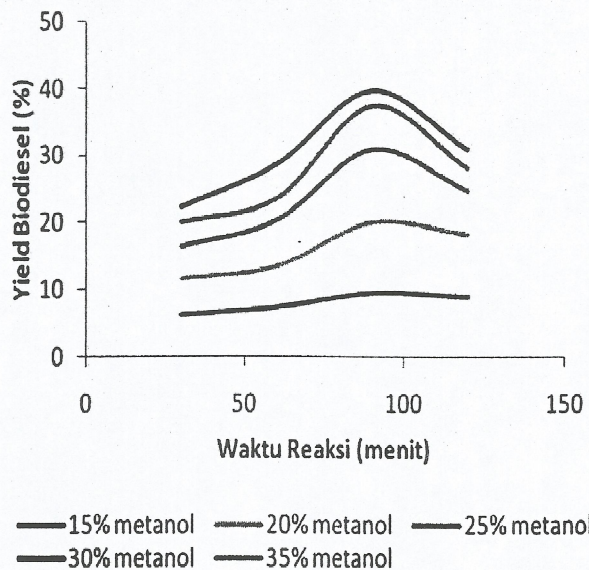
Asam lemak tidak jenuh yang terdapat dalam minyak kelapa dapat mengikat oksigen pada ikatan rangkapnya sehingga membentuk hidrogen peroksida. Bilangan peroksida menyatakan kandungan *hydroperoxide* yang terbentuk dalam minyak kelapa selama penyimpanan. Analisis bilangan peroksida ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kerusakan pada minyak. Semakin besar hidrogen peroksida, maka minyak akan semakin mudah rusak. Dari hasil analisis, diketahui bahwa bilangan peroksida pada minyak kelapa yang akan digunakan sebagai bahan baku sebesar 3,9649 mek peroksida/kg sampel.

Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Yield Biodiesel

Hubungan antara waktu reaksi terhadap *yield* biodiesel untuk suhu reaksi 60°C, dan berbagai persen metanol disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 3.

Tabel 5. Hubungan Antara Waktu Reaksi Terhadap *Yield* Biodiesel

| Waktu (menit) | <i>Yield</i> Biodiesel (%) | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 15% metanol | 20% metanol | 25% metanol | 30% metanol | 35% metanol |
| 30 | 6,19 | 11,71 | 16,51 | 22,36 | 20,13 |
| 60 | 7,33 | 13,55 | 20,38 | 28,74 | 23,67 |
| 90 | 9,45 | 20,13 | 31,02 | 39,73 | 37,51 |
| 120 | 8,94 | 18,37 | 24,86 | 31,04 | 28,26 |



Gambar 3. Hubungan Antara Waktu Reaksi Terhadap *Yield* Biodiesel

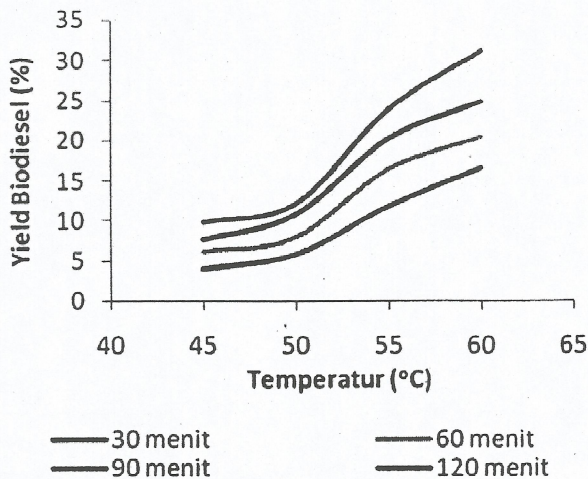
Dari Gambar 3 dan Tabel 5 terlihat bahwa semakin lama waktu reaksi, maka *yield* biodiesel yang diperoleh akan semakin besar. Hal ini dapat terjadi karena dengan semakin lamanya waktu reaksi, maka trigliserida yang bereaksi dengan metanol semakin banyak. Waktu reaksi optimum yang dapat dicapai adalah 90 menit dengan *yield* biodiesel 39,73% pada suhu 60°C. Namun setelah waktu 90 menit, *yield* biodiesel mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan reaktivitas katalis zeolit dipengaruhi oleh senyawa-senyawa hasil reaksi. Dengan demikian pada waktu reaksi lebih daripada 90 menit, reaksi akan terhambat dan bahkan akan terjadi reaksi balik (reaksi ke kiri), dan dapat menurunkan *yield* biodiesel.

Pengaruh Suhu Reaksi terhadap Yield Biodiesel

Hubungan antara suhu reaksi terhadap *yield* biodiesel untuk volume metanol 25% dari volume total (200 mL), dan berbagai waktu reaksi disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 4.

Tabel 6. Hubungan Antara Suhu Reaksi Terhadap *Yield* Biodiesel

| Suhu Reaksi (°C) | <i>Yield</i> Biodiesel (%) | | | |
|------------------|----------------------------|----------|----------|-----------|
| | 30 menit | 60 menit | 90 menit | 120 menit |
| 45 | 4,02 | 6,2 | 9,82 | 7,64 |
| 50 | 5,84 | 7,9 | 12,16 | 10,85 |
| 55 | 11,78 | 16,31 | 23,87 | 20,25 |
| 60 | 16,51 | 20,38 | 31,02 | 24,86 |

Gambar 4. Hubungan Antara Suhu Reaksi Terhadap *Yield* Biodiesel

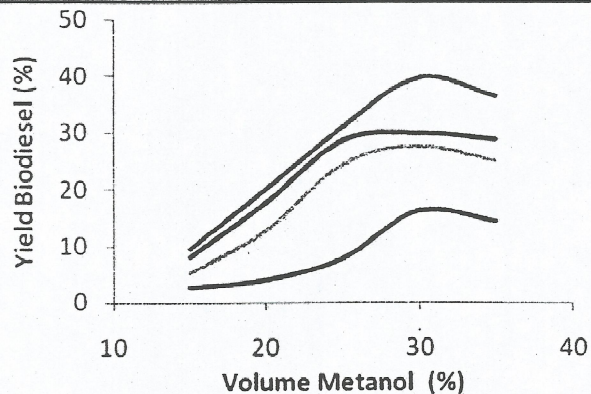
Dari Gambar 4 dan Tabel 6 terlihat bahwa semakin tinggi suhu reaksi, maka *yield* biodiesel akan semakin besar. Hal ini dapat terjadi karena semakin tinggi suhu reaksi, maka akan meningkatkan aktivitas reaktan-reaktan dan juga katalis mendapatkan energi yang cukup untuk bekerja semakin baik. Suhu reaksi optimum adalah 60°C dengan *yield* biodiesel 31,017% pada waktu 90 menit.

Pengaruh Persen Volume Metanol Terhadap *Yield* Biodiesel

Pengaruh persen volume metanol terhadap *yield* biodiesel untuk berbagai waktu reaksi, dan suhu reaksi 60°C disajikan pada Tabel 7 dan Gambar 5 sebagai berikut.

Tabel 7. Hubungan Antara Persen Volume Metanol Terhadap *Yield* Biodiesel

| Volume Metanol (%) | <i>Yield</i> Biodiesel (%) | | | |
|--------------------|----------------------------|----------|----------|-----------|
| | 30 menit | 60 menit | 90 menit | 120 menit |
| 15 | 2,73 | 5,34 | 9,45 | 8,07 |
| 20 | 4,18 | 12,89 | 20,131 | 17,65 |
| 25 | 7,96 | 24,32 | 31,017 | 28,58 |
| 30 | 16,25 | 27,55 | 39,73 | 29,84 |
| 35 | 14,38 | 25,11 | 36,28 | 28,91 |

Gambar 5. Hubungan Antara Persen Volume Metanol Terhadap *Yield* Biodiesel

Dari Tabel 7 dan Gambar 5 terlihat bahwa semakin banyak jumlah metanol yang digunakan untuk reaksi transesterifikasi akan semakin tinggi *yield* biodiesel yang dihasilkan karena dengan meningkatnya volume metanol akan meningkat pula jumlah mol metanol terhadap mol minyak, sehingga reaksi transesterifikasi akan bergeser ke kanan. Dengan demikian, *yield* biodiesel akan meningkat pula. Persen volume metanol optimum yang dapat dicapai adalah 30% dengan *yield* biodiesel 39,73% pada suhu 60°C. Namun setelah persen volume metanol 35%, *yield* biodiesel mengalami penurunan. Hal ini disebabkan persen volume metanol berlebih akan menyebabkan terbentuknya emulsi yang akan meningkatkan viskositas campuran. Emulsi-emulsi tersebut akan membentuk sabun dan mengurangi *yield* biodiesel yang dihasilkan.

Dari Tabel 7 dan Gambar 5, dapat diketahui kondisi optimum. Kondisi optimum pada penelitian ini dicapai pada volume metanol 30%, waktu reaksi 90 menit dan suhu reaksi 60°C dengan *yield* biodiesel sebesar 39,73%.

Analisis Biodiesel

Setelah didapatkan kondisi optimum pada biodiesel, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis karakteristik pada biodiesel tersebut. Analisis karakteristik biodiesel dilakukan agar dapat dibandingkan dengan karakteristik biodiesel yang sesuai dengan standar SNI. Hasil analisis karakteristik biodiesel pada kondisi optimum disajikan pada Tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8. Perbandingan Karakteristik Biodiesel Hasil Percobaan Terhadap Standar SNI

| No | Karakteristik Biodiesel | Standar SNI | Hasil Perco-baan |
|----|-------------------------|---------------------------|------------------|
| 1 | Flash point | Min 100°C | 185 |
| 2 | Viskositas | 2,3-6 mm ² /s | 3,8 |
| 3 | Densitas | 850-890 kg/m ³ | 872 |
| 4 | Bilangan asam | Maks 0,8 mg KOH/g | 0,47 |
| 5 | Gliserol total | Maks 0,24 %-m | 0,06 |
| 6 | Bilangan iodin | Maks 115 %-m | 18 |

Titik nyala (*flash point*) yang didapat dari percobaan menunjukkan nilai 185°C. Nilai yang cukup tinggi ini mengindikasikan faktor keamanan selama penyimpanan dan penggunaan, karena artinya pada suhu 185°C bahan bakar ini yang teruapkan mulai terbakar. Ini tentu akan lebih menguntungkan daripada *flash point* yang rendah. Disamping itu biodiesel yang diperoleh relatif murni.

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.

Gliserol total ialah kandungan gliserol yang terdapat pada biodiesel. Kandungan gliserol yang tinggi dapat menyebabkan penyumbatan dalam pipa injeksi bahan bakar dan dalam tangki penyimpanan dapat terjadi pengendapan. Nilai gliserol total harus memenuhi standar karena gliserol akan cenderung menggumpal dan mengendap sehingga dapat merusak mesin.

Bilangan asam dan bilangan iodin yang diperoleh dari penelitian tidak boleh melebihi batas maksimum yang ditetapkan oleh standar SNI. Semakin tinggi bilangan asam, maka semakin banyak kandungan asam lemak bebas dan akan menyebabkan terjadinya korosi di dalam mesin.

Bilangan iodin yang tinggi menunjukkan kecenderungan biodiesel untuk cepat rusak selama masa penyimpanan, sedangkan semakin rendah bilangan iodin, maka biodiesel yang terbentuk tidak mudah mengalami kerusakan selama masa penyimpanan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Zeolit yang telah diaktivasi dengan asam sulfat telah mampu berperan sebagai katalis dalam proses transesterifikasi minyak kelapa menjadi biodiesel;
2. *Yield* biodiesel paling besar adalah 39,73%, dicapai pada kondisi temperatur 60°C, waktu 90 menit dengan persen volume metanol 30%;
3. Analisis karakteristik bahan baku minyak kelapa yang dilakukan adalah sebagai berikut: %FFA (0,0752%), kadar air (0,234%), bilangan peroksida (3,9649 mek peroksida/kg), dan bilangan iodin, sedangkan untuk karakteristik biodiesel analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut: *flash point* (180°C), viskositas kinematis (3,8 mm²/s), densitas (872 kg/m³), bilangan asam (0,47 mg KOH/g), gliserol total (0,06 %-m), dan bilangan iodin (18 %-m). Biodiesel yang dibuat dalam penelitian ini sudah memenuhi standar SNI.

Saran

Untuk memperluas pengetahuan tentang pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dengan menggunakan katalis zeolit, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Penelitian tersebut dapat menggunakan katalis yang sama namun dilakukan variasi terhadap cara aktivasi dan larutan yang digunakan untuk mengaktivasi katalisnya. Sehingga diharapkan dapat meningkatkan *yield* biodiesel. Selain itu, dapat juga digunakan katalis yang berbeda sehingga dapat dibandingkan hasilnya (*yield* biodieselnnya) dengan biodiesel yang dihasilkan menggunakan katalis zeolit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prihandana, R., Noerwijan, K., Adinurani, P.G., Setyaningsih, D., Setiadi, S. dan Hendroko, R., *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*, Hlm. 1-24, P.T. Agromedia Pustaka, Jakarta Selatan, 2007
- [2] PT Pertamina (Persero) Coorporate Website, *Harga BBM Industri dan BBK Pertamina Periode Mei 2008*, http://www.pertamina.com/index.php?option=com_content&task=view&id=3724, Diakses 5 Mei 2009
- [3] Suherman, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, Hlm. A06 1-

- 5, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran, Yogyakarta, 2004
- [4] Hambali, E., *Teknologi Bioenergi*, Hlm. 8-10, 12-15, 25-26, P.T. Agromedia Pustaka, Jakarta Selatan, 2007
- [5] Priyanto, Unggul, *Menghasilkan Biodiesel Jarak Pagar Berkualitas*, Hlm. 37-38, 42, PT Agromedia Pustaka, Jakarta Selatan, 2007
- [6] Yazid, Estien, *Penuntun Praktikum Biokimia untuk Mahasiswa Analis*, Halaman 43-44, CV. Andi Offset, Yogyakarta, 2006
- [7] Ketaren, S, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Hlm. 8-9, 58-59, 64-65, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, 2005
- [8] Wikimedia Foundation, Inc, *Metanol*, <http://id.wikipedia.org/wiki/Metanol>, Diakses 4 Maret 2008
- [9] Sutarti, Mursi, *Zeolit: Tinjauan Literatur*, Hlm. 3-5, 11-12, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, Jakarta, 1994
- [10] Wikimedia Foundation, Inc. *Zeolit*. <http://id.wikipedia.org/wiki/Zeolit>, Diakses 23 Maret 2008
- [11] UII Library, *Aktivitas Katalis Zeolit Teraktivasi H_2SO_4 dan Katalis NaOH pada Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi Minyak Jelantah Sawit*, <http://rac.uui.ac.id/index.php/record/view/117353>, Diakses 10 April 2009