

## PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH MENGUNAKAN KATALIS KALSIMUM OKSIDA

Yulia Tri Rahkadima<sup>1\*</sup> dan Putri Abdi<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas NU Sidoarjo<sup>1\*</sup>

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas WR. Supratman Surabaya<sup>2</sup>

\*E-mail: yuliarahkadima@gmail.com

### Abstract

The transesterification reaction has performed to convert waste cooking oils into biodiesel with assistant of heterogen catalyst of calcium oxide using reactor in a laboratory. The reaction was performed in two stages that is the esterification followed transesterification reaction. The aim of research is to study the effect of temperature and time reaction on viscosity and biodiesel yield. The results showed that obtained biodiesel had viscosity value in accordance with SNI 04-7182-2006 about diesel-fuel viscosity. At lower temperature (40, 45, and 50°C), the longer reaction time could lead to the increasing of biodiesel yield. Meanwhile, at higher temperature reaction (55°C and 60°C) the longer reaction time could reduce biodiesel yield. The highest biodiesel yield was obtained at following reaction condition: temperature reaction 50°C, 6 hours reaction time, ratio oil:MeOH = 1:48 molar ratio, % wt CaO = 8% to weight of waste cooking oil.

**Keywords:** Biodiesel, Calcium oxide, Transesterification, Waste cooking oil.

### Abstrak

Reaksi transesterifikasi telah dilakukan untuk mengubah minyak jelantah menjadi biodiesel dengan bantuan katalis heterogen, kalsium oksida, dengan menggunakan reaktor pada skala laboratorium. Reaksi dilakukan dalam dua tahapan, yaitu reaksi esterifikasi dan dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi. Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari pengaruh suhu reaksi dan waktu reaksi terhadap nilai viskositas dan yield biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil biodiesel yang diperoleh memiliki nilai viskositas yang sesuai dengan SNI 04-7182-2006 tentang viskositas minyak diesel. Pada suhu yang rendah (40, 45, dan 50°C), semakin lama waktu reaksi maka akan meningkatkan yield biodiesel. Sementara itu, reaksi pada suhu lebih tinggi (55°C dan 60°C), semakin lama waktu reaksi maka akan menurunkan yield biodiesel. Yield biodiesel terbaik sebesar 81.83 % diperoleh dengan kondisi operasi sebagai berikut suhu 50°C selama 6 jam reaksi, ratio minyak:MeOH = 1:48 molar ratio, % wt CaO = 8% terhadap berat minyak jelantah.

**Kata kunci:** Biodiesel, Kalsium oksida, Transesterifikasi, Minyak jelantah.

### 1. PENDAHULUAN

Meningkatnya konsumsi energi dari bahan bakar fosil, masalah pemanasan global dan polusi serta kepedulian terhadap cadangan energi di masa yang akan datang mendorong berbagai upaya untuk menciptakan energi terbarukan pengganti bahan bakar fosil (Semwal dkk, 2011).

Biodiesel, energi terbarukan ramah lingkungan, merupakan salah satu energi yang marak dikembangkan karena menjanjikan untuk menjadi pengganti bahan bakar fosil. Biodiesel yang diproduksi dengan reaksi transesterifikasi menggunakan katalis homogen dari berbagai macam bahan baku (minyak tumbuhan dan lemak hewan) telah

marak dikembangkan dalam satu dekade terakhir.

Pada proses produksi biodiesel, larutan metanol dan minyak direaksikan dengan bantuan alkali hidroksida sebagai katalis untuk mempercepat laju reaksi. Transesterifikasi dengan menggunakan katalis homogen natrium hidroksida dengan bahan baku minyak tumbuhan dapat diselesaikan dalam waktu yang singkat yaitu 1 jam reaksi (Freedman dkk, 1984). Meskipun membutuhkan waktu yang tidak lama, namun penggunaan katalis homogen pada proses ini menimbulkan beberapa masalah. Air yang sangat banyak dibutuhkan untuk proses pencucian produk untuk menghilangkan katalis dalam biodiesel yang dihasilkan. Penggunaan katalis homogen seperti natrium hidroksida juga memicu pembentukan sabun yang dapat mengurangi produk biodiesel yang dihasilkan (Kouzu dkk, 2008).

Untuk mengatasi masalah pada penggunaan katalis homogen, berbagai metode baru dikembangkan oleh para peneliti, salah satunya penggunaan katalis heterogen pada proses pembuatan biodiesel. Produksi biodiesel menggunakan katalis heterogen sangat potensial untuk proses produksi yang ekonomis dikarenakan katalis heterogen memiliki sifat dapat digunakan kembali (*reuseable*) (Suppes dkk, 2004). Selain itu, katalis heterogen juga memiliki kelebihan dimana dengan menggunakan katalis heterogen, reaksi transesterifikasi maupun esterifikasi dapat dilakukan secara simultan (Furuta dkk, 2004). Katalis padat yang paling digunakan dalam reaksi transesterifikasi adalah CaO, hal ini dikarenakan CaO mudah didapat dan murah. Selain itu CaO yang bersifat tidak larut selama reaksi menjadikan proses purifikasi menjadi lebih mudah.

Selain pemilihan proses produksi, tantangan lain dalam produksi biodiesel adalah pemilihan bahan baku yang digunakan. Biaya yang sangat tinggi diperlukan saat menggunakan minyak tumbuhan sebagai bahan baku biodiesel. Hal ini menyebabkan biaya produksi biodiesel meningkat menjadi 1.5 kali lebih tinggi dibanding biaya produksi solar. Dengan menggunakan minyak tumbuhan sebagai bahan baku biodiesel, biaya bahan baku mencapai 75 % dari total biaya produksi (Phan, A.N. dan Phan, T.M. , 2008). Minyak bekas pakai atau minyak

jelantah dapat dikembangkan sebagai bahan baku produksi biodiesel dikarenakan minyak jelantah merupakan sumber trigliserida yang jumlahnya sangat banyak dan belum dimanfaatkan secara optimal. Selain itu, penggunaan minyak jelantah sangat menjanjikan mengingat bahwa harga minyak jelantah 2-3 kali lebih murah dibandingkan minyak tumbuhan. Sebagai konsekuensi, diharapkan penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dapat menurunkan biaya produksi secara signifikan.

Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi biodiesel dengan menggunakan bahan baku minyak jelantah dengan bantuan katalis kalsium oksida. Pengaruh beberapa kondisi operasi seperti suhu dan waktu reaksi pada proses produksi biodiesel terhadap *yield* biodiesel yang diperoleh dipelajari secara sistematis.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Bahan

Minyak jelantah diperoleh dari industri makanan skala rumah tangga di daerah Surabaya dan disaring untuk memisahkan kotoran yang ada. Semua bahan yang digunakan dalam penelitian ini baik kalsium oksida ataupun metanol diperoleh dari PT Brataco di Surabaya. Ukuran kalsium oksida (CaO) sebagai katalis diseragamkan 100 mesh dan dikalsinasi selama 2 jam di dalam *furnace* untuk bisa digunakan sebagai katalis.

### 2.2. Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Kalsium Oksida

Produksi biodiesel dilakukan dengan menggunakan dua tahapan, yaitu reaksi esterifikasi dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi. Reaksi esterifikasi dilakukan untuk menurunkan kadar FFA (*Free Fatty Acid* atau asam lemak bebas) yang ada dalam bahan baku.

#### • Reaksi Esterifikasi

Reaksi esterifikasi dilakukan dalam labu leher dua 100 ml dihubungkan dengan kondensor refluk dan dilengkapi dengan termometer. Minyak jelantah dipanaskan sampai suhu 60°C dan kemudian ditambahkan metanol dengan *ratio* molar 1:6. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> p.a sebanyak 2,5 % massa minyak dimasukkan di

dalam campuran dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam. Setelah waktu reaksi tercapai, campuran dituangkan di dalam corong pemisah untuk memisahkan antara lapisan atas (methanol-air-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dengan lapisan bawah yaitu lapisan minyak (*pretreated oil*). Analisis FFA dilakukan untuk memastikan bahwa kandungan FFA di dalam lapisan minyak < 2 %. Proses esterifikasi harus diulang saat kandungan FFA masih diatas 2%.

- **Reaksi Transesterifikasi**

Reaksi transesterifikasi dilakukan dalam labu leher dua 100 ml dihubungkan dengan kondensor refluks dan dilengkapi dengan termometer. Campuran methanol dengan perbandingan 1:48 molar *ratio* terhadap minyak jelantah dan katalis CaO sebanyak 8% berat dari berat minyak jelantah dimasukkan ke dalam labu leher dua disertai pengadukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Setelah itu, minyak jelantah sebanyak 25 ml ditambahkan dan dipanaskan pada suhu dan waktu reaksi yang telah ditentukan. Setelah waktu reaksi tercapai, katalis kalsium oksida disaring menggunakan kertas saring 0,7 µm kemudian hasilnya dituangkan di dalam corong pemisah untuk memisahkan antara lapisan atas (biodiesel) dengan lapisan bawah (gliserol).

### 2.3. Analisis

- **Penentuan Kandungan Asam Lemak Bebas**

Kandungan asam lemak bebas ditentukan dengan metode *the American Oil Chemists' Society* (AOCS) menggunakan phenolphthalein sebagai indikator (AOCS, 1997). Sampel dilarutkan di dalam ethanol pada suhu 60°C dan setelah itu sampel dinetralkan dengan menggunakan natrium hidroksida. Massa sampel, volume natrium hidroksida untuk selanjutnya digunakan untuk menghitung kandungan asam lemak bebas.

- **Penentuan Kandungan Biodiesel**

Sampel dilarutkan dalam n-hexane dan 0,5 µl sampel diinjeksikan ke GC (*Gas Chromatography*). Kurva standar kalibrasi eksternal diperoleh dengan menggunakan 0,2-20 mg larutan standar. *Linoleic methyl ester* dipilih untuk menentukan faktor kalibrasi FAMES dan digunakan untuk semua FAMES. Analisa GC menggunakan tipe HP 6890

(Hewlett-Packard Inc., Avondale, Pennsylvania, USA) *gas chromatography* dilengkapi dengan detektor *flame ionization*. Kolom yang digunakan adalah HP-1 *crosslinked methyl siloxane column* (60m x 0.25mm i.d x 1 µm *film thickness*, Hewlett-Packard Inc., Avondale, Pennsylvania, US 159 A). Kondisi operasi sebagai berikut: suhu *detector* dan *injector* diatur pada 250°C, suhu kolom dijaga pada 200°C selama 2 min, dan kemudian meningkat menjadi 300°C (15°C/min) dan dijaga selama 10 min. Helium digunakan sebagai gas pembawa dengan kecepatan linier 40 cm/s pada 200°C.

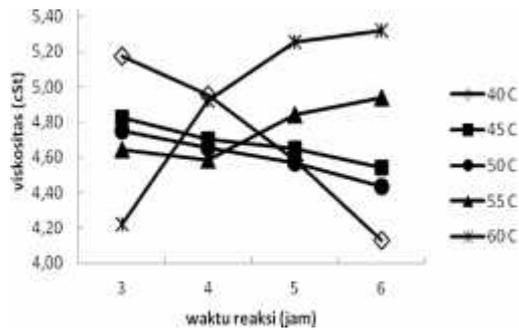
- **Penentuan Viskositas Produk**

Analisa viskositas dilakukan dengan menggunakan alat viscometer di PT Pertamina, Perak, Surabaya. Analisa dilakukan pada suhu 40°C.

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Kandungan asam lemak bebas (FFA) yang tinggi di dalam bahan baku akan menjadi masalah serius dalam produksi biodiesel menggunakan katalis CaO karena dengan kehadiran asam lemak bebas (FFA) yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan katalis, dimana katalis dapat berubah menjadi *inert compound* saat bereaksi dengan FFA (Kouzu dkk, 2007). Hasil analisis awal kandungan asam lemak bebas dalam baku menunjukkan bahwa kandungan asam lemak bebas cukup tinggi yaitu 6,35%. Proses esterifikasi diperlukan untuk mengurangi kadar asam lemak bebas yang tinggi di dalam bahan baku mengingat asam lemak bebas dapat mengganggu reaksi transesterifikasi menggunakan katalis CaO. Proses esterifikasi dapat mengubah asam lemak bebas menjadi metil ester asam lemak (biodiesel) dengan bantuan katalis asam. Hasil esterifikasi menunjukkan jumlah FFA yang ada dalam minyak jelantah hasil esterifikasi kurang dari 1%. Nilai tersebut sudah dibawah nilai maksimal FFA untuk reaksi transesterifikasi.

Dalam pembuatan biodiesel, reaksi transesterifikasi merupakan salah satu cara untuk mengurangi berat molekul trigliserida serta mengurangi viskositas. Viskositas merupakan salah satu parameter penting dalam kelayakan penggunaan biodiesel dalam mesin diesel.

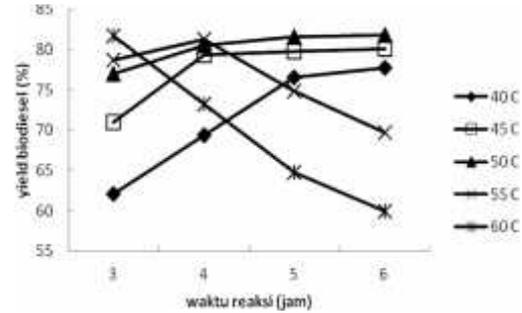


**Gambar 1.** Pengaruh Waktu dan Suhu Reaksi Terhadap Viskositas Produk yang Diperoleh

Viskositas minyak jelantah sebagai bahan baku sekitar 36-50 cSt sedangkan viskositas minyak diesel menurut SNI 04-7182-2006 adalah 2,3–6,0 cSt. Pengaruh waktu reaksi terhadap viskositas produk yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 1. Pada suhu reaksi lebih rendah, yaitu suhu 40, 45, dan 50°C, kenaikan waktu reaksi menyebabkan penurunan nilai viskositas produk. Viskositas produk menurun dari 5.17 cSt ke 4,12 cSt, 4.82 cSt ke 4.54 cSt dan dari 4.75 cSt ke 4.43 cSt pada suhu reaksi 40, 45, dan 50°C secara berurutan. Sementara itu, untuk suhu lebih tinggi yaitu suhu 55°C dan 60°C, kenaikan waktu reaksi menyebabkan meningkatnya nilai viskositas produk.

Di sisi lain, viskositas produk memiliki kecenderungan untuk menurun ketika suhu reaksi dinaikan dari 40°C ke 50°C pada berbagai waktu reaksi. Katalis CaO memiliki kemampuan konversi yang tinggi dalam waktu yang cepat, namun saat waktu reaksi diperpanjang akan terbentuk emulsi putih di dalam produk. Emulsi ini yang dapat meningkatkan viscositas produk (Taufik-Yap, 2011). CaO merupakan katalis hererogen yang memiliki karakteristik untuk cenderung membentuk endapan (Gryglewicz, S., 1999). Nilai viskositas produk yang diperoleh masih dalam range standar nasional Indonesia untuk viskositas minyak diesel.

Pengaruh waktu reaksi terhadap *yield* produk yang diperoleh dalam berbagai suhu ditampilkan pada Gambar 2. Suhu reaksi lebih rendah, yaitu suhu 40, 45, dan 50°C, kenaikan waktu reaksi menyebabkan peningkatan *yield* produk. *Yield* produk naik dari 62,07 % ke 77,77%, 70,95% ke 80,10 % dan dari 77.02% ke 81.83% pada suhu reaksi 40, 45, dan 50°C secara berurutan.



**Gambar 2.** Pengaruh Waktu dan Suhu Reaksi Terhadap *Yield* Produk yang Diperoleh

Namun *yield* produk memiliki kecenderungan menurun dengan kenaikan waktu reaksi saat reaksi berjalan pada suhu yang lebih tinggi yaitu suhu 55°C dan 60°C. Laju konversi meningkat seiring dengan lamanya waktu reaksi. Semakin lama waktu reaksi, maka konversi trigliserida menjadi biodiesel akan semakin besar. Penurunan *yield* produk dengan meningkatnya waktu reaksi pada suhu reaksi yang lebih tinggi (55°C dan 60°C) kemungkinan disebabkan oleh sifat kalsium oksida yang dapat mengabsorpsi produk saat jumlah produk dalam keadaan berlebih (Taufiq-Yap, 2011).

Pada waktu reaksi 3 jam, kenaikan suhu reaksi menyebabkan kenaikan *yield* biodiesel yang diperoleh. Namun dengan perpanjangan waktu reaksi, reaksi pada suhu tinggi (60°C) menyebabkan penurunan *yield* biodiesel secara signifikan. *Yield* biodiesel menurun dari 81,7% menjadi 59,9% saat waktu reaksi diperpanjang dari 3 jam menjadi 6 jam pada suhu 60°C. Secara umum, suhu reaksi memberikan efek positif terhadap peningkatan laju reaksi. Peningkatan suhu akan meningkatkan intensitas tumbukan antar molekul reaktan sehingga memungkinkan semakin besarnya konversi reaksi transesterifikasi terjadi (Ma dan Hanna, 1999). *Yield* biodiesel terbaik sebesar 81,83% diperoleh dengan kondisi operasi sebagai berikut suhu 50 C selama 6 jam reaksi, *ratio* minyak:MeOH = 1:48 molar *ratio*, % wt CaO = 8% terhadap berat minyak jelantah.

#### 4. KESIMPULAN

Produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan bantuan katalis CaO telah berhasil dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil biodiesel yang diperoleh memiliki nilai viskositas yang sesuai dengan

SNI 04-7182-2006 tentang viskositas minyak diesel. Pada suhu yang rendah (40, 45, dan 50°C), semakin lama waktu reaksi, maka akan meningkatkan *yield* biodiesel. Sementara itu, reaksi pada suhu lebih tinggi (55°C dan 60°C), semakin lama waktu reaksi, maka akan menurunkan *yield* biodiesel. *Yield* biodiesel terbaik sebesar 81,83 % diperoleh dengan kondisi operasi sebagai berikut suhu 50°C selama 6 jam reaksi, *ratio* minyak:MeOH = 1:48 molar *ratio*, % wt CaO = 8 % terhadap berat minyak jelantah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Semwal, S., Arora, A. K., Badoni, R. P., Tuli, D. K. (2011). Biodiesel production using heterogenous catalysts. *Bioresource Technology* 102. 21561-2161
- Freedman, B. Pryde, E. H., dan Mounts, T. L. (1984). Variables affecting the yield of fatty esters from transesterified vegetable oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 61, 1638-1643.
- Kouzu, M., Kasuno, T., Tajika, M., Sugimoto, Y., Yamanaka, S., Hidaka, J. (2008). Calcium oxide as a solid base catalyst for transesterification of soybean oil and its application to biodiesel production. *Fuel* 87 (2008) 2798-2806.
- Suppes, G. J., Dasari, M. A., Doskocil, E. J., Mankidy, P. J., Goff, M. J., (2004). Transesterification of soybean oil with zeolite and metal catalysts. *Appl. Catal. A: Gen.* 257, 213–223.
- Furuta, S., Matsuhashi, H., Arata, K. (2004). Biodiesel fuel production with solidsuperacid catalysis in fixed bed reactor under atmospheric pressure. *catal. Commun.* 5, 721–723.
- Phan, A. N. dan Phan, T. M. (2008). Biodiesel production from waste cooking oils. *Fuel*. 87 (2008) 3490–3496.
- Kouzu, M., Yamanaka, S., Kasuno, T., Tajika, M., Aihara, Y., Sugimoto, Y., Hidaka, J. (2007). Development of biodiesel production technology from waste cooking oil with calcium oxide as solid base catalyst. *J Jpn Petrol Inst*; 50:79–86.
- Taufiq-Yap, Y.H., Lee, H.V., Hussein, M.Z., Yunus, R. (2011). Calcium-based mixed oxide catalysts for methanolysis of jatropha curcas oil to biodiesel. *Biomass and Bioenergy* 35.827-834.
- Gryglewicz S. (1999). Rapeseed oil methyl esters preparation using heterogeneous catalysts. *Bioresour Technol*, 70:249-53.
- Ma F, Hanna MA. (1999). Biodiesel production: A review. *Bioresour Technol*; 70:1–15.