

TRANSESTERIFICATION OF BIODIESEL FROM WASTE COOKING OIL USING CaO NANOCATALYST

Cindi Ramayanti*, Sarah Dampang

Chemical Engineering Study Program, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jl. H.S. Ronggowaluyo Teluk Jambe Karawang, 41361, Indonesia

*E-mail corresponding author: cindi.ramayanti@ft.unsika.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article history:</i> Received: 12-05-2019 Received in revised form: 23-05-2019 Accepted: 14-07-2019 Published: 15-10-2019</p> <p><i>Keywords:</i> Biodiesel CaO nanocatalyst Transesterification Waste cooking oil</p>	<p><i>The production costs of biodiesel based on vegetable oil is not economical, so it is difficult for biodiesel to compete with petrodiesel. Waste cooking oil can be used as a source of raw materials for biodiesel production. This research aims to produce biodiesel from waste cooking oil. The initial stage is to pretreatment of waste cooking oil. At this step, the waste cooking oil is filtered to separate impurities from the raw material. After that, it is heated to 100 °C to remove the water content. The second stage is transesterification. At this stage, the reaction time remains for one hour at 65 °C. The product is centrifuged to separate the catalyst. The highest yield was obtained in the 12: 1 molar ratio variable and the amount of catalyst 3%, which was 0.922. Yield obtained ranged from 0.853-0.922. An increase in the molar ratio is significant enough to increase the amount of yield. However, increasing the amount of catalyst especially from 2% to 3% is not significant enough to increase biodiesel yield. The characteristics of biodiesel produced are in accordance with SNI Biodiesel, density 870 Kg/cm³, viscosity 4.25 cSt, flash point 170, and acid number 0.4 mg KOH/g biodiesel.</i></p>

TRANSESTERIFIKASI BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS MENGGUNAKAN CaO NANOKATALIS

Abstrak- Biaya produksi pembuatan biodiesel berbahan dasar minyak nabati tidak ekonomis sehingga sulit bersaing dengan petrodiesel. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka minyak goreng bekas dapat dijadikan salah satu sumber bahan baku untuk pembuatan biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh biodiesel dari limbah minyak goreng bekas. Tahap awal yang dilakukan adalah pretreatment minyak goreng bekas. Pada tahap ini minyak goreng bekas disaring dengan kertas saring untuk memisahkan pengotor dari bahan baku, setelah itu dipanaskan hingga 100 °C untuk menghilangkan kandungan air. Selanjutnya tahap transesterifikasi, waktu reaksi dibiarkan tetap selama satu jam dengan suhu reaksi 65 °C. Kemudian hasil dari reaksi disentrifugasi untuk memisahkan katalis. Produk dipisahkan dari gliserol dengan prinsip dekantasi, kemudian dicuci menggunakan aquadest sebanyak 3-4 kali, hal ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang mungkin tersisa. Biodiesel yang terbentuk dioven untuk menguapkan air sisa pencucian dan juga methanol yang masih tersisa pada sampel biodiesel. Yield tertinggi diperoleh pada variabel rasio molar 12:1 dan jumlah katalis 3% yaitu sebanyak 0,922. Yield yang diperoleh berkisar antara 0,853-0,922. Peningkatan rasio molar cukup signifikan untuk menaikkan jumlah yield. Namun penambahan jumlah katalis terutama dari 2% ke 3% tidak cukup signifikan menaikkan yield biodiesel. Karakteristik biodiesel yang dihasilkan sudah sesuai dengan SNI Biodiesel yaitu densitas 870 Kg/cm³, viskositas 4,25 cSt, titik nyala 170 °C, dan angka asam 0,4 mg KOH/g biodiesel.

Kata kunci : Biodiesel, CaO nanokatalis, minyak goreng bekas, transesterifikasi

PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan senyawa metil ester dengan panjang rantai karbon antara 12 sampai 20 yang berasal dari asam lemak turunan lipid. Turunan lipid ini dapat berupa minyak nabati atau lemak hewani. Komposisi dan sifat kimia dari biodiesel tergantung pada kemurnian, panjang pendek rantai, derajat kejenuhan, dan struktur rantai alkil asam lemak penyusunnya (Akbar, 2010). Beberapa kelebihan biodiesel dibandingkan dengan petrodiesel diantaranya adalah sebagai berikut: (1) Biodiesel berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbarui sehingga kuantitasnya tidak terbatas; (2) Biodiesel memiliki kandungan senyawa aromatik dan sulfur yang rendah (Ma & Hana, 1999); (3) Biodiesel memiliki *cetane number* yang tinggi (Zhang, et al., 2003).

Dilihat dari warnanya, biodiesel memiliki warna kekuningan. Nilai viskositas dari biodiesel tidak jauh berbeda dengan minyak solar, oleh karena itu campuran biodiesel dengan minyak solar dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar kendaraan berbahan bakar minyak solar tanpa merusak atau memodifikasi mesin (Boedoyo, 2006).

Penggunaan biodiesel sulit bersaing dengan petrodiesel. Hal ini disebabkan biodiesel memiliki harga yang relatif lebih mahal. Namun, untuk mendukung program pemerintah mengenai diversifikasi energi, pengembangan biodiesel yang bersumber pada minyak nabati menjadi salah satu alternatif utama karena memberikan keuntungan baik dari segi lingkungan maupun dari segi sumbernya yang merupakan sumber daya alam terbarukan. Penggunaan sumber nabati dapat menjadi kendala terutama di beberapa negara cukup bersaing dengan komoditi pangan. Oleh sebab itu, perlu dipertimbangkan menggunakan limbah minyak goreng bekas sebagai salah satu alternatif sumber bahan baku.

Minyak goreng bekas (*waste cooking oil*) merupakan limbah yang bersifat karsinogenik. Sifat karsinogenik ini terjadi selama proses penggorengan. Jadi, pemakaian minyak goreng bekas yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia, menimbulkan penyakit kanker, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya. Untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak goreng bekas ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan.

Salah satu bentuk pemanfaatan minyak goreng bekas agar dapat bermanfaat dari berbagai macam aspek ialah dengan mengubahnya secara proses kimia menjadi biodiesel. Hal ini dapat dilakukan karena minyak goreng bekas juga merupakan minyak nabati, turunan dari CPO (*crude palm oil*). Adapun pembuatan biodiesel dari minyak goreng

bekas ini menggunakan reaksi transesterifikasi seperti pembuatan biodiesel pada umumnya dengan *pretreatment* untuk menurunkan angka asam pada minyak goreng bekas (Hadrah, et al., 2018).

Biodiesel dari substrat minyak goreng bekas merupakan alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan sebagaimana biodiesel dari minyak nabati lainnya. Hasil uji gas buang menunjukkan keunggulan FAME dibanding solar, terutama penurunan partikulat/debu sebanyak 65%. Biodiesel dari minyak goreng bekas ini juga memenuhi persyaratan SNI untuk Biodiesel. Dari semua pernyataan yang muncul maka yang menjadi permasalahan utama ialah pengumpulan minyak goreng bekas yang tidak mudah, selain karena persebarannya cukup luas dan tidak merata, tapi juga tidak sedikitnya pengumpul minyak goreng bekas dari restoran-restoran yang nantinya akan mereka olah kembali, untuk kemudian dijual ke pedagang kecil maupun untuk keperluan lain. Biasanya para pedagang kecil yang menggunakan minyak goreng untuk dagangannya akan membuang minyak goreng bekas sisa menggoreng ke selokan yang terdekat yang bermuara pada sungai, sehingga dapat menjadi salah satu sumber limbah. Oleh karena itu, pemanfaatan minyak goreng bekas sebagai bahan bakar motor diesel merupakan suatu cara pembuangan limbah (minyak goreng bekas) yang menghasilkan nilai ekonomis serta menciptakan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar solar yang bersifat etis, ekonomis, dan sekaligus ekologis.

Dari hasil penelitian Hashmi (2016) menunjukkan bahwa minyak yang tidak bisa dimakan, misal minyak jarak diselidiki untuk produksi biodiesel melalui proses transesterifikasi dengan menggunakan nanokatalis $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$, disintesis melalui teknik top down. Partikel nano yang disintesis kemudian dikarakterisasi dengan XRD. Ukuran kristalit rata-rata yang ditentukan oleh analisis XRD adalah 29,9 nm. Ukuran dihitung dengan menggunakan persamaan Scherrer. Nanopartikel ini diuji untuk digunakan sebagai nanokatalis untuk produksi biodiesel dari minyak jarak. Kandungan asam lemak minyak dan biodiesel dianalisis menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS). Asam propanoat ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_3$) diamati sebagai senyawa paling banyak yang ada dalam metil ester. Rasio molar metanol minyak bervariasi antara 3:1 dan 5:1 diselidiki untuk proses optimasi. Hasil optimasi untuk produksi biodiesel dari transesterifikasi minyak jarak pagar yang dikatalisis oleh nanopartikel $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ menunjukkan hasil maksimum yaitu 82,3% pada 5:1 rasio metanol terhadap minyak.

Berdasarkan penelitian A. Ashok, L. John Kennedy, J. Judith Vijaya, Udaya Aruldos (2017)

menjelaskan bahwa analisis difraksi sinar-X menunjukkan bahwa fase MgO berstruktur nano terbentuk pada suhu kalsinasi 500 °C. Ukuran kristal rata-rata nanopartikel MgO adalah 7,86 nm. Studi spektroskopi inframerah *fourier-transformed* mengkonfirmasi pembentukan fase MgO dengan mode getaran karakteristik Mg-O. Spektroskopi reflektansi difus UV-Vis mengungkapkan bahwa celah pita energi sekitar 5,84 eV. Kehadiran unsur magnesium dan oksigen ditentukan dari analisis X-ray dispersif-energi. Efek dari berbagai parameter seperti pemuatan katalis, rasio molar metanol-ke-minyak, suhu reaksi, waktu reaksi dan usabilitas ulang diselidiki. Hasil biodiesel maksimum 93.3% dicapai dengan 2% berat nanokatalis MgO (sampel MO5), rasio molar metanol/minyak 24:1, suhu reaksi sekitar 65°C dan waktu reaksi 1 jam. Nanokatalis (MgO) digunakan kembali setidaknya untuk 5 kali dan setelah itu menghasilkan penurunan hasil biodiesel.

Lestari (2018) mengemukakan bahwa berdasarkan hasil penelitian Nanokatalis ZnO/CaO terhadap Biodiesel dari Minyak Biji Alpukat tersebut, diketahui bahwa penggunaan katalis nanopartikel ZnO/CaO dapat meningkatkan reaksi pembentukan metil ester dari minyak biji alpukat dengan kadar ALB 0,73%. Pembentukan metil ester yang paling tinggi diperoleh pada penggunaan katalis CaO dengan doping Zn sebesar 1% yaitu sebesar 90,882%. Reaksi katalis dengan asam lemak bebas yang tinggi dapat mempengaruhi reaksi transesterifikasi sehingga kandungan metil ester yang diperoleh tidak maksimal.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini labu leher tiga 500 ml, hot plate with magnetic stirrer, oven, furnace, heating mantel, neraca analitik, condenser, piknometer 5 ml, viskometer Ostwald, gelas piala 500 ml, buret, Erlenmeyer 250 ml dan 500 ml termometer, pipet tetes, gelas ukur.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu minyak goreng bekas yang di dapatkan dari penjual di lingkungan Universitas Singaperbangsa Karawang, metanol, CaO *nanopowder* dengan ukuran 80 nm, aquadest, etanol, asam oksalat, indikator PP.

Proses Pretreatment

Minyak goreng bekas yang akan digunakan difilter terlebih dahulu untuk menghilangkan zat pengotor yang ada pada bahan baku. Kemudian dipanaskan hingga suhu 100 °C untuk menghilangkan kandungan air. Setelah itu didinginkan dan dianalisa kadar asam lemak bebas

pada sampel awal (5% max). Metanol dan CaO Nanopowder digunakan tanpa perlakuan awal.

Proses Transesterifikasi

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan metode transesterifikasi dimana minyak goreng bekas direaksikan dengan metanol untuk menghasilkan biodiesel dan gliserol. Minyak goreng bekas dimasukkan kedalam labu leher tiga kemudian diikuti dengan penambahan metanol dan katalis CaO nanopowder dengan variabel rasio yang sudah ditentukan. Jumlah rasio methanol dan minyak goreng bekas bervariasi antara 6:1; 9:1; dan 12:1. Jumlah katalis juga bervariasi antara 1%, 2%, dan 3% berat minyak goreng bekas. Kecepatan pengadukan diatur stabil pada putaran 300 rpm. Campuran direaksikan selama satu jam dengan suhu 65 °C. Setelah reaksi selesai, kemudian didinginkan dan dipisahkan dari katalis dengan teknik sentrifugasi. Langkah-langkah di atas diulangi untuk variasi variabel yang telah ditentukan. Produk yang dihasilkan dipisahkan dari reaksi samping berupa gliserol dengan prinsip dekantasi, kemudian dicuci menggunakan aquadest dengan suhu 40 °C. Pencucian ini untuk pemurnian biodiesel, dilakukan hingga air pencuci jernih kurang lebih 3-4 kali. Produk yang dihasilkan dianalisis sesuai dengan uji karakterisasi biodiesel berdasarkan SNI 7182:2015.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan biodiesel dengan metode transesterifikasi ini menggunakan bahan baku yang berasal dari minyak goreng bekas. Hasil analisa dari *gas chromatography* yang dilakukan pada minyak goreng bekas dapat dilihat pada tabel 1. Hasil analisa kadar FFA awal bahan baku minyak goreng bekas adalah 1,58% wt dengan kadar air 0,1318% wt. Reaksi dilakukan selama 1 jam pada suhu 65 °C. Penelitian ini menggunakan CaO *nanopowder* sebagai katalis.

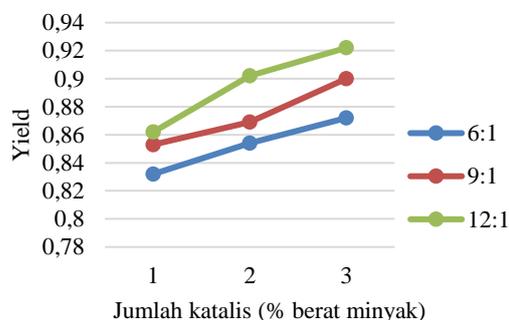
Tabel 1. Komposisi Asam Lemak Minyak Goreng Bekas

Asam lemak	Hasil (%)
Caproic Acid (C6)	-
Caprylic Acid (C8)	-
Capric Acid (C10)	-
Lauric Acid (C12)	0,07
Myristic Acid (C14)	1,35
Palmitic Acid (C16)	37,48
Stearic Acid (C18)	17,29
Oleic Acid (C18:1)	26,98
Linoleic Acid (C18:2)	14,72
Arachidic Acid (C20)	0,11

Pengaruh Variabel Rasio Molar

Rasio molar metanol:minyak merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi *yield* produk.

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi *reversible* sehingga untuk menggeser reaksi ke arah pembentukan biodiesel, metanol yang digunakan harus dalam jumlah besar atau berlebih. Gambar 1 memperlihatkan bahwa peningkatan jumlah katalis menaikkan jumlah *yield* dari produk biodiesel. Pada rasio molar 6:1 untuk katalis 1%, 2% dan 3% berturut-turut adalah 0,832; 0,852 dan 0,874. Pada rasio molar 9:1 untuk variasi katalis 1%, 2% dan 3% berturut-turut adalah 0,853; 0,869 dan 0,9. Pada rasio molar 12:1 *yield* tetap mengalami peningkatan hanya saja peningkatan yang terjadi tidak signifikan pada variasi 1%, 2%, dan 3% berturut-turut adalah 0,862; 0,902 dan 0,922. Peningkatan *yield* yang tidak signifikan dapat saja dipengaruhi oleh keaktifan katalis yang mana sangat ditentukan oleh sifat alkalinitas dan gugus basa (Zhang, et al., 2010). Seharusnya penambahan jumlah katalis dapat meningkatkan jumlah *yield* produk karena terjadi penambahan gugus basa. Peningkatan katalis juga dapat meningkatkan viskositas larutan (Kouzu, et al., 2008). Kenaikan viskositas dapat menghambat perpindahan massa reaktan ke permukaan katalis. Hal tersebut menyebabkan proses pengadukan menjadi tidak sempurna dan akan meningkatkan biaya produksi. *Yield* yang terbesar diperoleh pada variabel rasio molar metanol:minyak 12:1 dan jumlah katalis 3% yaitu sebesar 0,922,



Gambar 1. Pengaruh jumlah katalis dan rasio molar metanol:minyak terhadap *yield* biodiesel

Karakterisasi Biodiesel

Biodiesel yang digunakan harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015. Untuk mengetahui biodiesel yang dihasilkan sudah memenuhi baku mutu SNI maka perlu dilakukan uji karakterisasi biodiesel. Biodiesel yang dikarakterisasi adalah yang memiliki *yield* paling tinggi. Parameter yang dianalisis adalah densitas, angka asam, viskositas dan titik nyala seperti yang disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Parameter hasil pengujian biodiesel

No	Karakteristik	Hasil	SNI
1	Densitas pada 40 °C (Kg/m ³)	872	850-890
2	Viskositas pada 40 °C (cSt)	4,25	2,3-6
3	Angka asam (mg-KOH/g)	0,4	0,5
4	Titik nyala (°C)	170	100

Berdasarkan parameter-parameter uji yang telah dilakukan biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi nilai baku mutu SNI. Densitas yang didapatkan yaitu 872 Kg/m³ masih sesuai dengan standar mutu yang berada pada kisaran 850-890 Kg/m³. Adhari, dkk (2016) pada penelitiannya juga menghasilkan biodiesel dengan densitas 866,50 kg/m³ sudah sesuai dengan standar SNI. Nilai densitas biodiesel yang sesuai dengan standar mutu (SNI) menghasilkan pembakaran yang sempurna, sedangkan biodiesel dengan densitas yang tidak sesuai dengan standar SNI akan menyebabkan reaksi pembakaran yang tidak sempurna sehingga dapat terjadi peningkatan emisi dan keausan mesin. Nilai viskositas biodiesel sudah cukup baik yaitu 4,25 cSt masih memenuhi kriteria SNI. Nilai viskositas yang terlalu tinggi dapat membuat atomisasi bahan bakar dan udara menjadi kurang baik yaitu berupa evaporasi yang lebih miskin sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna (Shimamah & Sudarmanta, 2015). Selain parameter densitas, viskositas dan asam lemak bebas juga dilakukan uji nyala pada biodiesel. Hasil uji menunjukkan terjadi pembakaran yang menandakan biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar. Titik nyala didapatkan 170 °C.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian transesterifikasi biodiesel dari minyak goreng bekas menggunakan CaO nanokatalis didapatkan kesimpulan sebagai berikut: (1) CaO nanokatalis dapat digunakan pada reaksi transesterifikasi tanpa perlakuan awal. (2) Peningkatan rasio molar metanol:minyak meningkatkan *yield* biodiesel. *Yield* biodiesel yang paling tinggi didapatkan pada rasio molar 12:1 yaitu sebesar 0,922. (3) Peningkatan jumlah katalis juga menyebabkan kenaikan *yield* biodiesel, namun jumlah kenaikan tidak cukup signifikan hal ini dapat disebabkan oleh kenaikan viskositas. Kenaikan viskositas menyebabkan laju reaktan yang lambat ke permukaan katalis. (4) Kondisi optimum pembuatan biodiesel terjadi pada rasio molar metanol:minyak 12:1, jumlah katalis 3%-b minyak goreng, dengan waktu reaksi selama 1 jam. (5) Karakteristik biodiesel yang dihasilkan sudah sesuai dengan SNI biodiesel 7182:2015 densitas

870 Kg/cm³, viskositas 4,25 cSt, titik nyala 170, dan angka asam 0,4 mg KOH/g biodiesel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia melalui program Hibah Penelitian Dosen Pemula yang telah mendanai keseluruhan proses penelitian ini. Selain itu, penulis juga mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat hingga terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ADHARI, H., YUSNIMAR, Y. & UTAMI, S. P., 2016. Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel dengan Katalis ZnO Presipitan Zinc Karbonat : Pengaruh Waktu Reaksi dan Jumlah Katalis. *JOMFTEKNIK*, 3(2), pp. 1-7.
- AKBAR, R., 2010. *Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Metil Asetat Sebagai Pensuplai Gugus Metil*, Surabaya: Digilib ITS.
- ASHOK, A., KENNEDY, L. J., VIJAYA, J. J. & ARULDOSS, U., 2018. Biodiesel Production from Waste Cooking Oil by Magnesium Oxide Nanocatalyst Synthesized using Coprecipitation Method. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20(6), pp. 1219-1231.
- BOEDOYO, M. S., 2006. *Teknologi Proses Pencampuran Biodiesel dan Minyak Solar di Indonesia*, Serpong: Markal BPPT.
- HADRAH, KASMAN, M. & SARI, F. M., 2018. Analisis Minyak Jelantah sebagai Bahan Bakar Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi. *Daur Lingkungan*, 1(1), pp. 16-21.
- HASHMI, S. ET AL., 2016. Biodiesel Production by using CaO-Al₂O₃ Nano Catalyst. *International Journal of Engineering Research & Science*, 2(3), pp. 43-49.
- KOUZU, M. ET AL., 2008. Calcium Oxide as A Solid Catalyst for Transesterification of Soybean Oil and Its Application to Biodiesel Production. *Fuel*, 87(12), pp. 2798-2806.
- LESTARI, P. P., 2018. Pengaruh Nanokatalis ZnO/CaO terhadap Biodiesel dari MinyakBiji Alpukat. *Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan*, 2(1), pp. 1-8.
- MA, F. & HANA, M. A., 1999. Biodiesel production: a review. *Bioresource Technology*, 70(1), pp. 1-15.
- SHIMAMAH, S. N. C. & SUDARMANTA, B., 2015. arakterisasi Unjuk Kerja Mesin Diesel Generator Set System Dual-Fuel Biodiesel Minyak Sawit Dan Syngas Dengan Penambahan Preheating Sebagai Pemanas Bahan Bakar. *Jurnal Teknik POMITS*, 4(2).
- ZHANG, J., YANG, R., CHEN, S. & YAN, Y., 2010. Biodiesel Production from Vegetable Oil using Heterogenous Acid and Alkali Catalyst. *Fuel*, 89(10), pp. 2939-2944.
- ZHANG, Y., DUBE, M., MCCLEAN, D. & KATES, M., 2003. Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. *Bioresource Technology*, 89(1), pp. 1-16.