

TRANSESTERIFIKASI MINYAK GORENG BEKAS MENJADI BODIESEL DENGAN KATALIS KALSIUM OKSIDA

Nur Hidayati, Tesa Suci Ariyanto, dan Henri Septiawan

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura, Surakarta 57102

ABSTRAK

Penggunaan kalsium oksida sebagai katalis basa heterogen dipelajari untuk pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbandingan molar metanol:minyak (9:1, 12:1, dan 15:1), jumlah katalis (1, 2, dan 3%), suhu (30, 45, dan 60°C) dan waktu reaksi (1,5, 2, dan 2,5 jam) terhadap yield metil ester yang dihasilkan. Yield tertinggi, 53 %, diperoleh ketika reaksi diselenggarakan dengan kondisi perbandingan methanol:minyak 15:1, jumlah katalis 3%, suhu reaksi 60°C dan waktu reaksi 2 jam. Pada level-level variabel yang diujikan, rasio molar methanol:minyak, suhu dan waktu reaksi berpengaruh secara signifikan tetapi jumlah katalis merupakan variabel yang pengaruhnya tidak begitu signifikan.

Kata kunci: biodiesel, transesterifikasi, minyak jelantah, katalis heterogen, CaO

PENDAHULUAN

Sumber-sumber energi terbarukan mendapat perhatian serius seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan berkurangnya cadangan minyak bumi sebagai sumber energi utama yang dikonsumsi oleh penduduk dunia. Ketergantungan terhadap minyak bumi sudah saatnya dikurangi dengan mengembangkan sumber energi alternatif yang memiliki sifat dapat diperbaharui.

Minyak nabati memiliki potensi yang cukup besar sebagai bahan bakar alternatif mesin diesel. Indonesia sebagai negara yang kaya sumber minyak nabati memiliki peluang yang besar untuk mengembangkan secara luas penggunaan bahan bakar alternatif ini. Penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar mesin diesel secara langsung mengalami kendala karena viskositasnya yang tinggi (11-17 kali lebih besar dari *petroleum diesel*), adanya asam lemak bebas dan volatilitas yang rendah^[1]. Hal ini menyebabkan pembakaran kurang

sempurna dan membentuk deposit pada ruang bakar. Oleh karena itu minyak nabati harus diubah ke bentuk lain untuk menurunkan viskositas, meningkatkan volatilitas dan menghilangkan asam lemak bebas. Salah satu cara yang dapat ditempuh adalah mengubahnya menjadi alkil ester (biodiesel).

Biodiesel memiliki banyak kelebihan. Pertama, biodiesel merupakan “*green fuel*” karena sifatnya yang aman, dapat terbarukan, tidak beracun dan dapat terbiodegradasi^[2]. Selain itu emisi CO, CO₂, SO_x, NO_x, dan hidrokarbon yang tidak terbakar berkurang sampai 50%. Kedua, biodiesel dapat dicampur dengan minyak diesel konvensional dan dapat digunakan pada mesin diesel konvensional tanpa atau dengan sedikit modifikasi.

Minyak jelantah dapat diubah menjadi biodiesel (alkil ester) melalui proses transesterifikasi. Pada proses ini minyak jelantah sebagai sumber trigliserida direaksikan dengan alkohol

menghasilkan campuran alkil ester dan gliserol dengan adanya katalis basa kuat. Ada beberapa aspek yang mempengaruhi proses transesterifikasi minyak nabati, yaitu: pemilihan katalis, rasio molar alkohol/minyak nabati, kemurnian reaktan, dan suhu^[1]. Aspek-aspek ini sangatlah penting untuk diteliti karena konversi, waktu reaksi dan kualitas biodiesel sangat dipengaruhi.

Transesterifikasi secara konvensional diselenggarakan dengan menggunakan katalis basa homogen seperti KOH, NaOH, CH₃OK dan CH₃ONa^[3]. Proses ini dapat menghasilkan biodiesel dengan kemurnian dan *yield* yang tinggi dalam waktu yang pendek^[4], namun secara keseluruhan proses mempunyai keterbatasan-keterbatasan yang serius, sehingga membutuhkan biaya produksi yang tinggi^[5]. Isu utama yang membatasi proses dengan transesterifikasi ini adalah spesifikasi bahan baku yang ketat. Kandungan asam lemak bebas dalam bahan baku tidak boleh lebih dari 0,5% berat karena dapat mengakibatkan pembentukan sabun yang dapat menyulitkan pemisahan antara gliserol dengan campuran alkil ester^[2] sehingga biaya pemisahan produk menjadi tinggi.

Pada umumnya minyak goreng memiliki kandungan asam lemak bebas yang tinggi, oleh karena itu transesterifikasi minyak ini dengan bantuan katalis basa NaOH atau KOH tidak tepat. Alternatif katalis lain adalah katalis basa padat. Penggunaan katalis heterogen (padat) memiliki beberapa kelebihan^[6, 7]:

- dapat mempermudah proses pemisahan katalis dengan reaktan atau produk dengan cara filtrasi sederhana.
- kurang beracun dan korosif.
- lebih aman terhadap lingkungan

CaO merupakan material yang tersedia melimpah di Indonesia dan dapat dimanfaatkan sebagai katalis untuk transesterifikasi. Selain itu harganya murah dan memiliki kelarutan yang rendah dalam metanol^[8].

Berikut ini, kami melaporkan penggunaan katalis CaO dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. Selain itu, pengaruh perbandingan molar metanol-minyak, jumlah katalis CaO, suhu dan waktu reaksi terhadap *yield* proses transesterifikasi juga dipelajari.

METODE

Minyak jelantah yang digunakan pada penelitian ini berasal dari penjual makanan goreng, metanol 96% dari Merck dan CaO dari Lab. Farmasi UMS. Minyak goreng bekas disaring terlebih dahulu sebelum digunakan, sedangkan metanol dan CaO digunakan tanpa perlakuan awal.

Untuk mempelajari pengaruh variabel yang dipilih terhadap *yield* biodiesel, reaksi metanol dengan minyak jelantah diselenggarakan dalam labu leher tiga 500mL yang dilengkapi dengan termometer dan pendingin refluks. Reaksi dijalankan pada variabel-variabel yang telah ditentukan, seperti dijabarkan dalam Tabel 1. Kecepatan pengadukan campuran reaksi dibuat konstan pada 600 rpm. Setelah reaksi selesai, katalis dipisahkan dari campuran reaksi dengan cara sentrifugasi. Produk reaksi kemudian didiamkan selama 20jam dalam corong pemisah dan dipisahkan antara biodiesel dengan sisa reaktan dan produk reaksi lainnya. Biodiesel yang didapat dicuci dengan air untuk membersihkan sisa reaktan dan produk lainnya. *Yield* biodiesel didefinisikan sebagai banyaknya alkil ester yang dihasilkan terhadap banyaknya minyak yang direaksikan. Banyaknya alkil ester dianalisa menggunakan GCMS QP2010S dan GC 2010 Shimadzu dengan jenis kolom HP 5 (5% Phenyl Methyl Siloxane) 30 meter dan helium sebagai gas pembawa pada suhu 120-300°C.

$$Yield = \frac{\text{luas FAME dari GC} \times \text{berat produk}}{\text{berat minyak yang direaksikan}} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 1. Variabel dan level percobaan

Variabel bebas	Level	Variabel kontrol
Metanol:minyak, X ₁	9:1, 12:1, 15:1	Suhu 60°C dan waktu reaksi 2 jam
Jumlah katalis, X ₂	1, 2, 3%	Metanol: minyak = 12:1 dan jumlah katalis 3%
Suhu reaksi, X ₃	30, 45, 60°C	
Waktu reaksi, X ₄	1,5, 2, 2,5 jam	

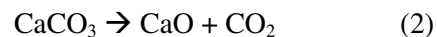
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Perbandingan molar metanol:minyak dan jumlah katalis CaO

Salah satu variabel penting yang mempengaruhi *yield* metil ester adalah perbandingan molar metanol dan minyak. Karena reaksi transesterifikasi merupakan reaksi dapat balik, maka metanol yang direaksikan harus dalam jumlah yang besar untuk menggeser reaksi ke arah pembentukan metil ester. Grafik 1 menampilkan hubungan jumlah katalis CaO (1-3%) dengan *yield* biodiesel pada perbandingan molar alkohol-minyak (9:1, 12:1, dan 15:1) yang divariasikan. Reaksi dijalankan pada suhu 60°C dan waktu 2 jam. Pada perbandingan molar alkohol-minyak 9:1, peningkatan jumlah katalis dari 1% menjadi 3% meningkatkan *yield* dari 22,8% menjadi 25,9%. Fenomena yang sama ditunjukkan oleh percobaan dengan perbandingan molar alkohol-minyak 12:1 dan 15:1, meskipun demikian peningkatan *yield* tidak signifikan, hanya sekitar 2-13% saja.

Keaktifan katalis ditentukan oleh alkalinitas dan jumlah gugus basanya^[9]. Dengan meningkatkan jumlah katalis, semestinya jumlah gugus basa juga meningkat. Tetapi pada penelitian ini, peningkatan jumlah gugus basa mungkin

tidak signifikan sehingga tidak banyak berpengaruh terhadap *yield* metil ester. Kouzu et al.^[10] mempelajari pengaruh jenis katalis; CaO, Ca(OH)₂ dan CaCO₃ terhadap *yield* metil ester. Mereka membuktikan bahwa pada kondisi reaksi yang sama, *yield* metil ester yang diperoleh adalah 93% untuk CaO, 12% untuk Ca(OH)₂, dan 0% untuk CaCO₃. Ada kemungkinan CaO yang digunakan pada penelitian ini bercampur dengan CaCO₃ karena material yang digunakan tanpa dikenakan proses kalsinasi pada suhu tinggi terlebih dahulu. Secara komersial, CaO pada umumnya diperoleh dengan pelepasan CO₂ dari CaCO₃.



Peningkatan jumlah katalis dalam campuran reaksi dapat menyebabkan peningkatan viskositas^[10], karena itu peningkatan viskositas dapat mengurangi laju perpindahan massa reaktan ke permukaan katalis.

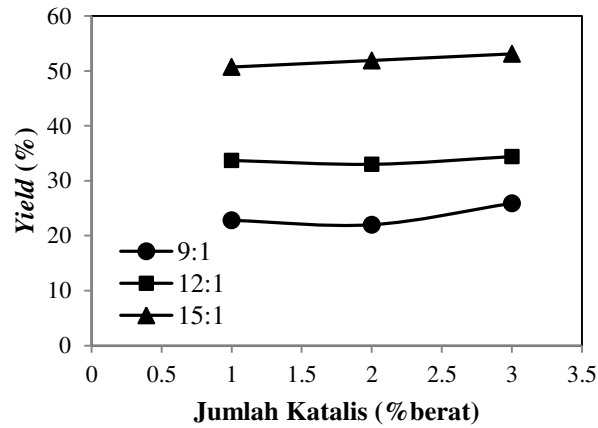
Pada penelitian ini *yield* terbesar diperoleh pada percobaan dengan jumlah katalis 3% dan perbandingan molar alkohol-minyak 15:1 yaitu sebesar 53,1%. Liu et al.^[11] melaporkan konversi sebesar 95% diperoleh dengan menggunakan perbandingan molar alkohol-minyak kedelai 12:1 dan jumlah katalis CaO 2% pada 65°C selama 3 jam.

Pada jumlah katalis yang sama, perbandingan molar alkohol-minyak mempengaruhi *yield* secara signifikan, misal dengan jumlah katalis 1% diperoleh *yield* 22,8%, 33,7% dan 50,7% ketika perbandingan molar alkohol-minyak dinaikan berturut-turut 9:1, 12:1 dan 15:1. Hal ini dapat dikatakan bahwa peningkatan perbandingan molar sekitar 67% maka akan diperoleh peningkatan *yield* lebih dari 100%. Zhang et al.^[9] melaporkan bahwa dengan menggunakan perbandingan molar alkohol-minyak biji *zanthoxylum bungeanum* 12:1 dengan katalis CaO 2% menghasilkan konversi 93,11% selama 2,5 jam.

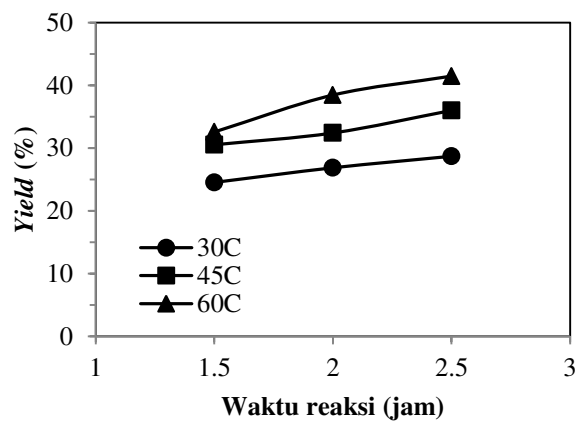
Banerjee et al.^[12] menyimpulkan bahwa kadar alkohol yang melebihi proporsi stoikiometri umumnya digunakan untuk reaksi transesterifikasi

agar biodiesel yang dihasilkan meningkat. Perbandingan molar alkohol-minyak dengan alkohol yang lebih tinggi terhadap minyak diperlukan untuk hasil biodiesel yang lebih baik. Namun,

dampak kenaikan alkohol terhadap minyak pada produksi biodiesel menjadi kurang signifikan untuk proses katalis basa dibandingkan dengan proses katalis asam.



Gambar 1. Pengaruh jumlah katalis dan perbandingan molar metanol dan minyak jelantah terhadap *yield* biodiesel. Reaksi dijalankan pada suhu 60°C selama 2 jam.



Gambar 2. Pengaruh waktu dan suhu reaksi terhadap *yield* biodiesel. Reaksi dikontrol pada perbandingan molar metanol:minyak 12:1 dan jumlah katalis 3%.

Pengaruh waktu dan suhu reaksi

Pengaruh waktu dan suhu reaksi transesterifikasi terhadap *yield* dipelajari dengan jumlah katalis 3% dan rasio metanol:minyak 12:1. Hasil percobaan disajikan pada gambar 2. Pada suhu reaksi 30°C, kenaikan waktu reaksi dari 1,5, 2 dan 2,5 jam menghasilkan *yield* 24,5, 26,8 dan 28,7% secara berturut-turut. Peningkatan *yield* tersebut tidak begitu signifikan. Fenomena yang sama juga terjadi pada suhu reaksi 45 dan 60°C. Hal ini mungkin disebabkan oleh

sedikitnya trigliserida yang belum bereaksi dalam minyak, sehingga penambahan waktu reaksi tidak meningkatkan *yield* secara signifikan. *Yield* tertinggi, 41%, diperoleh pada suhu 60°C dan waktu 2,5 jam. Hsiao et al.^[13] melaporkan bahwa peningkatan waktu reaksi dari 60 menjadi 75 menit, hanya meningkatkan konversi 0,1% untuk transesterifikasi minyak kedelai menggunakan katalis CaO yang dipersiapkan dengan metode iradiasi gelombang mikro.

Secara kinetika, kenaikan suhu reaksi akan meningkatkan konversi. Tetapi pada reaksi transesterifikasi ini suhu maksimum dibatasi oleh titik didih metanol. Suhu reaksi yang melebihi suhu didih metanol akan menyebabkan metanol menguap dan mengurangi jumlah metanol dalam campuran reaksi. Suhu reaksi dapat ditingkatkan tetapi tekanan reaksi juga harus ditingkatkan untuk mempertahankan metanol berada dalam kondisi cair. Karena itu, pada penelitian ini suhu tertinggi dibatasi pada 60°C dan tekanan atmosferik.

KESIMPULAN

Untuk mempelajari pembuatan biodiesel yang ramah lingkungan, kalsium oksida sebagai katalis padat digunakan untuk memproduksi biodiesel dari minyak goreng bekas. Kondisi reaksi seperti rasio molar metanol dan minyak, jumlah katalis, suhu dan waktu reaksi berpengaruh terhadap *yield* biodiesel. Meskipun demikian jumlah katalis tidak berpengaruh cukup berarti terhadap *yield*. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui efek kalsinasi CaO terhadap kinerja katalis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Schuchardt, U., R. Sercheli, and R.M. Vargas, 1998, Transesterification of Vegetable Oils: a Review, *J. Braz. Chem. Soc.* 9:199-210.
- [2] Ma, F. and M. A. Hanna, 1999, Biodiesel production: a review, *Bioresource Technology* 70:1-15.
- [3] Helwani, Z., M. R. Othman, N. Aziz, J. Kim, and W.J.N. Fernando, 2009, Solid Heterogeneous Catalysts for Transesterification of Triglycerides with Methanol: A Review, *Applied catalysis A* 363:1-10.
- [4] Vyas, A.P., J. V. Verma, and N. Subrahmanyam, 2010, A review on FAME Production Processes, *Fuel* 89:1-9.
- [5] Lotero, E., Y. Liu, D. E. Lopez, K. Suwannakarn, D. A. Bruce, and J. G. Goodwin Jr., 2005, Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis, *Ind. Eng. Chem. Res.* 44:5353-5363.
- [6] Lou, W.Y., M. H. Zong, and Z. Q. Duan, 2008, Efficient Production of Biodiesel from High Free Fatty Acid-containing Waste Oils Using Various Carbohydrate-derived Solid Acid Catalysts, *Bioresource Technology* 99:8752-8758.
- [7] Jiménez-López, A., Jiménez-Morales, I., Santamaría-González, J., and Maireles-Torres, P. (2011) Biodiesel production from sunflower oil by tungsten oxide supported on zirconium doped MCM-41 silica, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 335:205-209.
- [8] Zabeti M, W. M. A.Wan Daud, and M. K. Aroua, 2009, Activity of Solid Catalysts for Biodiesel Production: A Review, *Fuel Process Technol*; 90: 770–777.
- [9] Zhang, J., Chen, S., Yang, R., and Yan, Y. (2010) Biodiesel production from vegetable oil using heterogeneous acid and alkali catalyst, *Fuel* 89:2939-2944.
- [10] Kouzu, M., T. Kasuno, M. Tajika, Y. Sugimoto, S. Yamanaka, and J. Hidaka, 2008, Calcium Oxide as A Solid Catalyst for Transesterification of Soybean Oil and Its Application to Biodiesel Production, *Fuel*, 87:2798-2806.
- [11] Liu, X., H. He, Y.Wang, S. Zhu, and X, Piao, 2008, Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel Using CaO as A Solid Base Catalyst, *Fuel* 87:216-221.
- [12] Banerjee, A., and R. Chakraborty, 2009, Parametric Sensitivity in Transesterification of Waste Cooking Oil for Biodiesel Production - A review. *Resource, Conservation and Recycling*, 53:490-497.
- [13] Hsiao, M-C., C-C. Lin, and Y-H. Chang, 2011, Microwave Irradiation-assisted Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel Catalyzed by Nanopowder Calcium Oxide. *Fuel* 90:1963-1967.