

Review Artikel
**KATALIS KALSIMUM OKSIDA (CaO) BERBASIS BIO UNTUK
PRODUKSI BIODIESEL**

**BIO-BASED CALCIUM OXIDE (CaO) CATALYST FOR BIODIESEL
PRODUCTION**

Dimas Gunawan Prasetyo¹

¹(Program Studi Sarjana Terapan Teknik Energi / Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya)

Jl.Srijaya Negara Bukit Besar Palembang, Telp. 0711-353414 / Fax.0711-355918
e-mail : dimas.gunawanp@gmail.com

ABSTRACT

The cost of biodiesel production itself is influenced by the basic ingredients for processing and also from the system used. The use of calcium oxide catalyst is intended because it has a good chance of the efficiency and effectiveness of the material that can be easily obtained in each region. Calcium oxide catalyst from waste also has an equal or even approaching chance of commercial calcium oxide. This review will show methods and discussion of the handling of the transesterification process in biodiesel with a mixture of methanol and catalyst that has been tested and the results of the different processes of each biodiesel. The performance of the process can be determined from the process to the reaction performance of the catalyst such as setting the number of catalysts used, the speed of stirring the mixture, the ratio of methanol to oil and the temperature and time of reaction. In order to obtain more economic value, the process of reusing the catalyst which has been reacted in the initial transesterification process can be carried out. The reuse of the catalyst for the next process can be carried out stably for 3 times of repeated use with the yields that are not far from the initial process.

Keywords: Biodiesel, Calcium Oxide, Reuse Catalyst, Transesterification

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Biodiesel merupakan bahan bakar cair alternatif yang dapat menggantikan penggunaan bahan fosil karena sifat bahan bakarnya mendekati minyak solar dan salah satu keunggulannya yaitu bisa dicampurkan dengan minyak solar. Biodiesel dapat dicampur dengan solar dan digunakan oleh mesin diesel tanpa perlu adanya perubahan yang signifikan terhadap mesin yang digunakan (Rosschat dkk, 2018). Bahan bakar alternatif ini diperlukan untuk mendukung kelayakan energi yang lebih bersih karena, apabila bahan bakar fosil digunakan di mesin diesel maka dapat menimbulkan pencemaran emisi karbon monoksida(CO), sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x) dan hidrokarbon tidak terbakar (HC). Biodiesel juga bebas akan sulfur dan mengandung 10% oksigen yang dapat meningkatkan laju pembakaran (Singh dkk, 2020).

Biodiesel umumnya disintesis melalui transesterifikasi trigliserida dengan metanol menggunakan katalis homogen. Salah satu katalis dasar yaitu kalsium oksida (CaO) dapat diperoleh dari bahan limbah seperti abu, cangkang tulang, cangkang telur (Laca dkk, 2017), cangkang tiram, cangkang kerang, cangkang siput, dan tulang ayam (Maneerung dkk, 2016). Diantara katalisator lain kalsium oksida (CaO)

lebih unggul tidak hanya dalam aktivitas katalitik tetapi juga efektivitas biaya (Kaozu dkk, 2016).

Modifikasi dari penelitian-penelitian sebelumnya dapat dilakukan untuk mengembangkan kembali metode agar mendapatkan hasil yang lebih baik, dengan cara memodifikasi bahan dari katalisator kita dapat memanfaatkan sumber bahan yang memiliki nilai ekonomis yang tidak atau jarang dimanfaatkan agar menjadi bahan yang memiliki keunggulan penggunaannya sendiri. Metode lain dapat dilakukan dengan mengganti langkah metode pengadukan menjadi langkah yang berbeda seperti menggunakan gelombang ultrasonik yang akan melewati media bahan ketika reaksi metanolisis terjadi (Kojima dkk, 2019).

Sumber bahan minyak untuk biodiesel sendiri lebih baik menggunakan non tanaman pangan, ini dikarenakan agar lebih mudahnya jangkauan untuk ketersediaan bahan tanpa dikhawatirkannya pengurangan di segi ketahanan pangan dan agar bertambahnya keragaman akan bahan yang dapat dimanfaatkan (Manaf dkk, 2018).

Dengan adanya permasalahan-permasalahan berikut, tujuan adanya review ini adalah untuk menunjukkan pemanfaatan katalis dari limbah menjadi kalsium oksida yang akan digunakan dalam pemanfaatan proses produksi biodiesel.

2. METODE

2.1. Kalsinasi

Metode *hydration-dehydration* pada salah satu studi Mijan, dkk (2015) menggunakan bahan clamshell atau cangkang kerang. Pencucian dilakukan menggunakan air panas atau dapat di rebus kemudian dikeringkan di oven bersuhu 100°C semalaman. Bahan kemudian dihancurkan lalu dihaluskan menjadi bubuk dan diayak lagi. Bubuk tadi dikalsinasikan pada suhu 900°C selama 4 jam pada kondisi dibawah atmosfer untuk menghasilkan pasta oksida aktif. Bahan yang telah melalui proses pembakaran tadi kemudian menjalani perawatan *hydration-dehydration*, dimana katalis pertama direflux menggunakan air pada temperatur 60°C dalam 1 jam. Setelah menjadi bubur dikeringkan lagi di oven untuk menghilangkan air pada suhu 100°C lalu dilakukan lagi proses penggilingan dan pengayakan. Pasta padat dan kering kemudian digiling lalu dikalsinasikan pada suhu 600°C selama 3 jam untuk menghasilkan pasta campuran (CaO dan Ca(OH)₂).

Modifikasi dilakukan oleh Pandit, dkk (2018) menggunakan bahan kulit telur kita dapat menyesuaikan prosesnya sampai proses kalsinasi saja, dimana bahan pasta oksidanya tidak di *hydration-dehydration* lagi yang langsung dilanjutkan ke proses penggilingan untuk dijadikan katalis. CaO sebagai katalis biasanya dikaitkan dalam literatur sebagai katalis dengan peluruhan aktivitas katalitik dalam uji penggunaan kembali untuk reaksi transesterifikasi (Nunes dkk, 2020). Dalam beberap penelitian katalis yang telah dipisahkan dari pemisahan dicuci kembali dengan metanol, kemudian dikeringkan pada oven bersuhu 65°C semalaman lalu dikalsinasikan kembali pada suhu 800°C selama 2 jam (Khatibi dkk, 2021). Katalis kemudian digunakan kembali dengan minyak yang baru dalam prosedur perlakuan yang sama.

2.2. Transesterifikasi

Untuk mendapatkan kondisi reaksi yang optimal dalam proses transesterifikasi kita perlu menentukan variabel-variabel dalam proses terhadap reaksi kinerja katalis seperti pengaturan pada banyaknya penggunaan katalis, kecepatan pengadukan campuran, rasio antara metanol dengan minyak serta temperatur dan waktu saat reaksi (Maneerung dkk, 2016). Transesterifikasi merupakan proses reaksi pada molekul alkohol yang bereaksi dengan ester untuk memberikan atau membentuk ester yang lain. Proses reaksi ini akan mengubah satu senyawa dari satu ester menjadi senyawa ester lain karena adanya alkohol baik dalam

kondisi asam maupun basa (Garg dkk, 2020). Tujuan dari proses ini adalah pada produk minyak diharapkan viskositasnya berkurang dan volatilitasnya bertambah (Colombo dkk, 2019).

Sebelum dilakukannya metanolisis dengan minyak langkah pertama yang dilakukan adalah dengan mencampurkan metanol dengan katalis. Pengadukan dilakukan sampai temperatur konstan yang baru kemudian minyak yang telah disiapkan dapat ditambahkan kecampuran metanol. Metode terbaik dalam mengoptimalkan temperatur untuk metanolisis dengan minyak adalah pada titik didih metanol 65°C (Manaf dkk, 2018) yang dilakukan pada keadaan atmosfer. Waktu yang diperlukan untuk reaksi ini adalah 3 jam.

Setelah Reaksi telah selesai metanol berlebih dihilangkan dengan pemanasan setelah pemisahan gliserol (Borah dkk, 2019). Proses pemisahan dapat dilakukan setelah campuran telah didinginkan kemudian dipindahkan ke corong pemisah. Menurut percobaan yang dilakukan Pandit, dkk (2018) proses pemisahan dapat dilakukan dengan cara menambahkan campuran air dan etil asetat dengan perbandingan 3: 1. Lapisan organik atas yang mengandung metil ester kemudian dicuci bersih dengan air suling dan melewati kolom natrium sulfat anhidrat untuk menghilangkan jejak air. Fase yang mengandung etil asetat diuapkan pada rotavapor untuk memperoleh kembali metil ester asam lemak (FAME). Jumlah metil ester asam lemak (biodiesel) dihitung secara gravimetri dan disimpan pada suhu 4°C untuk analisis kandungan FAME.

Modifikasi lain juga dilakukan oleh Kojima, dkk (2019) yaitu dengan merubah langkah saat reaksi metanolisis melalui pengadukan digantikan oleh pereaksian gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik akan mentransesterifikasikan minyak kedelai dan campuran metanol serta CaO dengan kondisi dan pencapaian yang lebih baik dan ekonomis dibandingkan dengan metode pengadukan.

2.3. FAME

Pengujian untuk mendapatkan hasil yang paling optimal dapat dilihat dari kualitas FAME yang dihasilkan yang mana sangat menentukan kesesuaiannya sebagai bahan bakar aplikasi industri. Properti FAME ditentukan dengan menggunakan metode standar yang direkomendasikan (AOAC, 1997). Hasil produk biodiesel dibandingkan dengan standar yang direkomendasikan untuk biodiesel (EN 14214 dan ASTM D6751) dalam rangka menentukan kesesuaiannya sebagai pengganti solar seperti bensin dan diesel (Adepoju dkk, 2020).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Tabel 1. Telah disediakan beberapa hasil Analisa dari pengujian penggunaan katalis yang dilakukan. Ada beberapa macam produk katalis yang dihasilkan dari bahan yang berbeda serta penggunaan dari biodiesel dari beberapa macam bahan yang berbeda pula. Dapat diperhatikan bahwa hasil penggunaan dari penggunaan masing masing bahan dari katalis diuji dengan berbagai macam produk biodiesel. Peninjauan dilakukan dari berbagai macam hasil melalui katalis dengan bahan yang digunakan, rasio antara metanol dengan minyak, pemuatan katalis yang dipakai, serta hasil yield atau FAME yang diperoleh setelah percobaan dilakukan.

Pada penelitian biodiesel dari bahan minyak kedelai (Santos dkk, 2019) dengan menggunakan katalis berbahan dasar kulit telur ayam metode percobaan dilakukan pada 3 kondisi pemuatan katalis yang berbeda yaitu 1%wt, 3%wt, dan 5%wt. Hasil atau yield dari biodiesel yang diperoleh adalah 77,27%, 84,53% dan 85,83%.

juga menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan yang berlebih pada kondisi dengan rasio yang lebih banyak, hasil pada yield dapat lebih bagus kualitasnya yang ditunjukkan dengan perolehan hasil yield yang terus meningkat dari 77,27% menjadi 85,83%. Dengan modifikasi oleh Kojima, dkk (2019) penelitian dilakukan dengan bahan yang sama tetapi rasio metanol dan pemuatan katalis yang berbeda selain dari rasio itu mereka menggunakan metode proses pengadukan yang berbeda yakni mereka gunakan gelombang ultrasonik sebagai alat untuk mereaksikan minyak dan campuran metanol, dengan gelombang ultrasonik mereka mendapatkan hasil yield sebesar 88% lebih baik dari hasil Santos, dkk (2019) yang hanya sebesar 85,83%.

Pada salah satu hasil penelitian biodiesel berbahan baku mikroalga (Pandit dkk, 2019) didapatkan bahwa saat peningkatan pemuatan katalis dilakukan hasil dari biodiesel akan menurun. Penurunan yield dari diesel ini disebabkan semakin tinggi dosis katalis menuntun ke reaksi saponifikasi yang disebabkan oleh $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Tabel 1. Perbandingan yield/konversi dari biodiesel menggunakan katalis kalium oksida

Bahan Baku (Biodiesel)	Katalisator	Rasio MeOH/Molar Minyak	Pemuatan Katalis (% wt)	Yield(%) /Konversi (FAME%)	Referensi
Minyak kedelai (<i>Glycine max</i>)	Kulit telur ayam (CaO)	12:1	5	85,83	Santos, dkk
Mikroalga (<i>Chlorella vulgaris</i>)	Kulit telur ayam (CaO)	10:1	1,39	92,03	Pandit, dkk
Minyak kedelai (<i>Glycine max</i>)	CaCO_3 (kalsinasi ke CaO)	6:1	1	88	Kojima, dkk
Minyak jelantah	Kulit telur ayam (CaO) + Zinc acetate dihydrate [$\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$] : 1-Zn/CaO nanocatalyst	20:1	5	96,74	Borah, dkk
Minyak kanola (<i>Brassica napus oil</i>)	Kulit telur ayam (CaO) + K_2SO_4 dan NaNO_3 : 1wt% Na dan atau K	9:1	3	97,6	Khatibi, dkk
<i>Aglaia korthalsii seed oil</i>	Kerang laut (teritip) (CaO)	12,2:1	4,7	97,12	Manaf, dkk
Minyak Sawit (<i>Elaeis guineensis</i>)	CaO (AR-Grade Komersial)	9:1	8	95	Jookjantra, dkk

Selain itu kelebihan dalam rasio penggunaan antara metanol dengan molar minyak sebesar 12:1 diperlukan, untuk menjamin kesetimbangan saat proses reaksi terjadi agar rantai reaksi bergeser menjadi produk ester, ini dikarenakan proses dari transesterifikasi asam lemak merupakan reaksi *reversible* atau dapat terjadinya pembalikan pada proses. Pemuatan katalis

Hasil ini berbanding terbalik dengan hasil uji menggunakan mikroalga yang dimana sama-sama menggunakan kulit telur ayam sebagai katalis kalsium oksidanya dimana kondisi operasi yang dilakukan sama sama meningkatkan dosis katalis. Melalui penelitian Manaf, dkk (2018) penggunaan katalis berulang merupakan suatu hal yang penting dan layak dilakukan terutama dalam pemanfaatan katalis dari nilai ekonomis

yang rendah. Ditunjukkan dengan 4 kali pengulangan penggunaan katalis pada optimalisasi kondisi reaksi yang dilakukan dengan kalsinasi pada katalis. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa katalis mampu digunakan kembali sebanyak 4 kali dengan hasil awal 97,12%, setelah digunakan kembali 96,86% kemudian 96,66% lalu 96,29% dan terakhir 95,83%. Hasil yang sama juga dapat dibuktikan pada penelitian Pandit, dkk (2019) dimana setelah penggunaan kembali katalis hasil yang didapatkan menurun. Inilah yang membuktikan efisiensi peluang dalam penggunaan berulang katalis menjadi salah satu hal penting dalam metode pembuatan produk biodiesel.

Pada penggunaan minyak jelantah dan minyak kanola katalis yang digunakan keduanya sama yaitu kulit telur hanya saja ada penambahan yang berbeda untuk dijadikan sebagai katalis pada masing-masing produk. Penambahan Zn yang didopingkan ke CaO kulit telur pada pengujian dengan minyak jelantah sedangkan pada pengujian dengan minyak kanola penambahan dengan metode peresapan NaNO_3 dan K_2SO_4 pada bubuk katalis CaO kulit telur atau dituliskan sebagai Na-K/CaO katalis. Perbedaan selanjutnya terdapat pada metode penggunaan metanol ke minyak yang direaksi dengan rasio 20:1 untuk minyak jelantah dan 9:1 untuk minyak kanola. Dengan perbandingan tersebut didapatkan hasil FAME 97,6% pada biodiesel minyak kanola dan untuk biodiesel minyak jelantah didapat hasil 96,74%. Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa minyak kanola lebih efisien dalam pengolahannya ini dapat disebabkan karena penggunaan 2 zat tambahan yang di resapkan ke katalis CaO berhasil mendapatkan nilai yang lebih tinggi dari pada hanya menambahkan 1 zat tambahan dimana juga dapat dibuktikan dari perbedaan rasio metanol yang direaksikan pada minyak kanola lebih sedikit daripada minyak jelantah. Walaupun hasil dari biodiesel minyak jelantah dibawah hasil minyak kanola ini tidak menimbulkan pendapat bahwasanya minyak jelantah lebih jelek dari segi bahan dasar, ini dikarenakan dengan adanya peluang penggunaan kembali limbah yang tidak digunakan menjadi nilai lebih dari segi keekonomisan bahan dasar.

Penelitian selanjutnya adalah biodiesel menggunakan minyak sawit dengan katalis CaO yang didapatkan secara komersial atau dibeli dipasaran. Disini kita mendapatkan contoh hasil dari penggunaan non biokatalis. Dari segi metode pembuatan minyak sawit dimetanolisis terlebih dahulu sebelum ditambahkan CaO non bio katalis yang lalu kemudian diaduk sampai homogen. Setelah itu direaksikan kembali dimesin reaktor pada kondisi hampa udara atau pemvakuman. Hasil yield optimal yang didapatkan

adalah 95%. Setelah dibandingkan dengan proses pada penelitian lain hasil yang diberikan pada percobaan ini sebanding dengan proses yang dilakukan serta keefisienan dalam proses sudah sebanding dengan hasil penggunaan bio katalis.

4. KESIMPULAN

Proses pembuatan biodiesel diawali dari penyiapan sampel katalis melalui tahap pencucian bahan, bertujuan untuk membersihkan sampel dari zat pengotor kemudian dikeringkan dan dihaluskan menjadi bubuk. Dilanjutkan dengan proses transesterifikasi minyak dengan campuran metanol dan katalis. Terakhir adalah tahap pengujian biodiesel dalam %konversi yield atau FAME. Masing-masing peneliti memiliki tahap proses yang berbeda dalam hal produksi biodiesel. Perbedaan ini dilakukan karena penyesuaian masing-masing karakteristik bahan maupun mengikuti standar yang berlaku disetiap negara pembuatnya.

Digunakannya katalis kalium oksida sendiri ditujukan karena memiliki peluang yang baik pada keefisienan dan keefektifan masing-masing bahan. Katalis kalium oksida dari limbah memiliki peluang yang sama dengan kalium oksida yang telah dikomersialkan. Ditunjukkan dengan hasil pada biodiesel minyak sawit yang menggunakan katalis CaO komersial sebanyak 95% dibandingkan dengan biodiesel dari mikroalga dengan CaO dari kulit telur sebanyak 92,03%. Kinerja dari proses dapat ditentukan dari dalam proses terhadap reaksi kinerja katalis seperti pengaturan pada banyaknya penggunaan katalis, kecepatan pengadukan, langkah metode yang berbeda rasio antara metanol dengan minyak serta temperatur dan waktu saat reaksi. Dengan memodifikasi langkah metode baik bahan maupun proses akan mempengaruhi hasil biodiesel yang diproduksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adepoju, T.F., Ibeha, M.A., Babatunde, E.O., dan Asquo, A.J. 2020. *Methanolysis of CaO based catalyst derived from egg shell-snail shell-wood ash mixed for fatty acid methylester (FAME) synthesis from a ternary mixture of Irvingia gabonensis-Pentaclethra macrophylla-Elais guineensis oil blend: An application of simplex lattice and central composite design optimization*, Fuel, 275(117997), 1-11.
- Borah, M.J., Das, A., Das, V., Bhuyan, N., dan Deka, D. 2019. *Transesterification of waste cooking oil for biodiesel production catalyzed by Zn substituted waste egg shell derived CaO nanocatalyst*, Fuel, 242, 345-354.

- Calero, J., Luna, D., Luna, C., Bautista, F.M., Romero, A.A., Posadillo, A., dan Estevez, R. 2020. *Optimization by response surface methodology of the reaction conditions in 1,3-selective transesterification of sunflower oil, by using CaO as heterogeneous catalyst*, *Molecular Catalysis*, 484(110804), 1-7.
- Colombo, K., Ender, L., Santos, dan M.M., Barros, A.A.C. 2019. *Production of biodiesel from Soybean Oil and Methanol, catalyzed by calcium oxide in a recycle reactor*, *South African Journal of Chemical Engineering*, 28, 19-25.
- Garg, A., dan Jain, S. 2020. *Process parameter optimization of biodiesel production from algal oil by response surface methodology and artificial neural networks*, *Fuel*, 277(118254), 1-7.
- Jookjantra, Kittichai dan Wongwuttanasatian, Tanakorn. 2017. *Optimisation of biodiesel production from refined palm oil with heterogeneous CaO catalyst using pulse ultrasonic waves under a vacuum condition*, *Energy Conversion and Management*, 154, 1-10.
- Khatibi, M., Khorasheh, F., dan Larimi, A. 2021. *Biodiesel production via transesterification of canola oil in the presence of NaK doped CaO derived from calcined eggshell*, *Renewable Energy*, 163, 1626-1636.
- Kojima, Y., dan Takai, S., 2019. *Transesterification of vegetable oil with methanol using solid base catalyst of calcium oxide under ultrasonication*, *Chemical Engineering & Processing : Process Intensification*, 135, 101-106.
- Kouzu, M., Kajita, A., dan Fujimori A. 2016. *Catalytic activity of calcined scallop shell for rapeseed oil transesterification to produce biodiesel*, *Fuel*, 182, 220-226.
- Laca, Am., Laca, Ad., dan Diaz, M. 2017. *Eggshell waste as catalyst: A review*, *Journal of Environmental Management*, 197, 351-359.
- Manaf, I.S.A., Rahim, M.H.A., Govindan, N., dan Maniam, G.P. 2018. *A first report on biodiesel production from Aglaia korthalsii seed oil using waste marine barnacle as a solid catalyst*, *Industrial Crops & Products*, 125, 395-400.
- Maneerung, T., Kawi, S., Dai, Y., dan Wang, C.H. 2016. *Sustainable biodiesel production via transesterification of waste cooking oil by using CaO catalysts prepared from chicken manure*, *Energy Conversion and Management*, 123, 487-497.
- Mijan, N.A., Lee, H.V., dan Yap, Y.H.T. 2015. *Synthesis and catalytic activity of hydration-dehydration treated clamshell derived CaO for biodiesel production*, *Chemical Engineering Research and Design*, 102, 368-377.
- Nunes, A.L.B., dan Castilhos, F. 2020. *Chemical interesterification of soybean oil and methyl acetate to FAME using CaO as catalyst*, *Fuel*, 267(117264), 1-8.
- Pandit, P.R., dan Fulekar, M.H. 2019. *Biodiesel production from microalgal biomass using CaO catalyst synthesized from natural waste material*, *Renewable Energy*, 136, 837-845.
- Roschat, W., Phewphong, S., Thangthong, A., Moeckles, P., Yoosuk, B., Kaewpuang, T., dan Promarak, V. 2018. *Catalytic performance enhancement of CaO by hydration-dehydration process for biodiesel production at room temperature*, *Energy Conversion and Management*, 165, 1-7.
- Santos, S., Nobre, L., Gomes J., Puna, J., Fereira, R.Q., dan Bordado, J.. 2019. *Soybean Oil Transesterification for Biodiesel Production with Micro-Structured Calcium Oxide (CaO) from Natural Waste Materials as a Heterogeneous Catalyst*, *Energies*, 12(4670), 1-10.
- Singh, A., Sinha, s., Choudhary, A.K., Hitesh Panchal, H., Elkelawy, M., dan Sadasivuni, K.K. 2020. *Optimization of performance and emission characteristics of CI engine fueled with Jatropa biodiesel produced using a heterogeneous catalyst (CaO)*, *Fuel*, 280(11861), 1-20.