

**Review: Pengaruh Kebasaan dan Luas Permukaan Katalis Terhadap Aktivitas Katalis Basa Heterogen untuk Produksi Biodiesel**  
(Review: Effect of basicity and Surface Area of Catalyst on Heterogeneous Alkaline Catalyst Activity to Produce Biodiesel)

Samik\*, Ratna Ediati, dan Didik Prasetyoko

Jurusan Kimia Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember

\* 085731160005 / 03177566654, syams.abdullah@gmail.com

**Abstrak** - Artikel ini merupakan tinjauan ulang mengenai pengaruh kebasaaan (basicity) dan luas permukaan berbagai macam katalis terhadap aktivitas katalis basa heterogen untuk memproduksi biodiesel. Kekuatan basa oksida dari logam alkali tanah makin meningkat dengan meningkatnya ukuran atom logam alkali tanah, dimana kekuatan basa  $SrO > CaO > MgO$ . Peningkatan kekuatan basa ini sebanding dengan peningkatan aktivitas katalis logam alkali tanah oksida yang ditunjukkan dengan meningkatnya yield biodiesel yang dihasilkan yaitu 98% untuk  $SrO$ , 95 % untuk  $CaO$ , dan 5 % untuk  $MgO$ , sehingga aktivitas  $SrO > CaO > MgO$ . Luas permukaan pada katalis basa oksida dari logam alkali tanah makin menurun, dimana luas permukaan  $SrO < CaO < MgO$ . Penurunan luas permukaan ini tidak sebanding dengan peningkatan aktivitas katalis logam alkali tanah oksida, sehingga dapat disimpulkan pengaruh kebasaaan pada aktivitas katalis basa heterogen lebih besar dari pada pengaruh luas permukaan katalis.

*Kata Kunci: kebasaaan, luas permukaan, katalis basa heterogen, biodiesel*

**Abstract**

*This article is a review about the influence of basicity and the surface area of various catalysts on the activity of heterogeneous base catalyst to produce biodiesel. The power base of the alkaline earth metal oxides increased with increasing size of the alkaline earth metal atoms, where the power base  $SrO > CaO > MgO$ . Increasing base strength is proportional to the increased activity of alkaline earth metal oxide catalysts as indicated by the increased yield of biodiesel produced is 98% for  $SrO$ , 95% for  $CaO$ , and 5% for  $MgO$ , so the activity  $SrO > CaO > MgO$ . The surface area of the base catalyst of the alkaline earth metal oxides decreases, where the surface area  $SrO < CaO < MgO$ . Decrease in surface area is not proportional to the increased activity of alkaline earth metal oxide catalysts, so it can inferred alkalinity effect on the activity of heterogeneous base catalyst is greater than the effect of catalyst surface area.*

*Keywords: basicity, surface area, heterogeneous base catalyst, biodiesel*

**1. Pendahuluan**

Saat ini, terjadi krisis energi dunia yang disebabkan oleh semakin meningkatnya permintaan energi dan semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil (Samart, dkk., 2009). Di samping itu, dunia internasional saat ini juga sedang berlomba-lomba untuk menggunakan bahan bakar yang ramah lingkungan untuk mengurangi emisi karbon dioksida. Salah satu solusi untuk berbagai hal tersebut adalah biodiesel. Biodiesel adalah bahan bakar cair yang merupakan turunan dari minyak tanaman dan lemak hewan (Helwani, dkk., 2009, Sharma, dkk., 2008, Zabeti, dkk., 2009). Biodiesel mirip dengan minyak diesel dalam sifat fisika dan

kimia (Helwani, dkk., 2009). Tetapi, biodiesel memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan minyak diesel yaitu: merupakan sumber daya energi terbarukan (*renewable energy*), tidak bersifat toksik, ramah lingkungan karena bahan baku tidak mengandung sulfur serta emisi ( $CO_x$  dan *particular matter*) rendah, *cetane number* tinggi, viskositas tinggi, dan memiliki sifat pelumasan baik, tidak perlu modifikasi mesin, dan campuran biodiesel dan bahan bakar diesel dapat meningkatkan efisiensi mesin (Murugesan, dkk., 2008a).

Ada tiga jenis katalis yang digunakan untuk membuat biodiesel dari trigliserida dengan alkohol, yaitu katalis asam, katalis basa, dan enzim (Gao, dkk., 2010). Alkohol yang

umumnya digunakan adalah metanol karena harganya lebih murah dan mempunyai keunggulan dilihat dari sifat fisika dan kimianya yaitu lebih polar dan rantai karbonnya lebih pendek dibandingkan etanol (Helwani, dkk., 2009). Katalis asam maupun basa dapat berupa homogen atau heterogen.

Umumnya, katalis homogen yang digunakan untuk menghasilkan biodiesel adalah NaOH, KOH, atau metoksidanya, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan HCl. Namun katalis ini sulit dipisahkan setelah reaksi, dapat merusak lingkungan, bersifat korosif, dan menghasilkan limbah beracun (Guan, dkk., 2009, Helwani, dkk., 2009, Yan, dkk., 2009). Penggunaan katalis heterogen memberikan banyak keuntungan dikarenakan katalis ini dapat dengan mudah dipisahkan dari produknya dengan filtrasi karena fasanya berbeda dengan produknya, mudah diregenerasi, dapat digunakan kembali, tidak menghasilkan produk samping berupa sabun jika bereaksi dengan FFA, lebih ramah lingkungan, lebih murah, dan tidak bersifat korosif (Guan, dkk., 2009, Georgogianni, dkk., 2009).

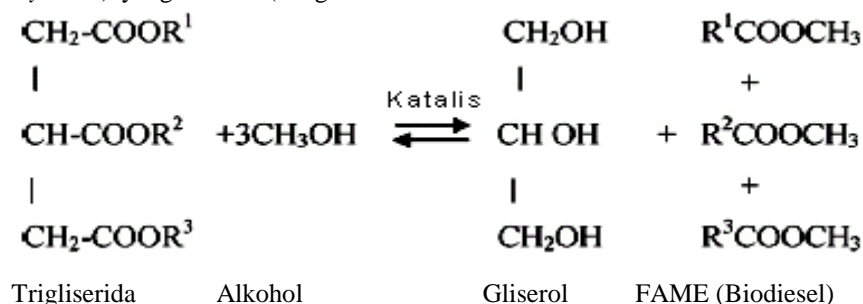
Katalis basa heterogen lebih efektif dari pada katalis asam dan enzim (Helwani, dkk., 2009). Hal ini disebabkan laju reaksi pembuatan biodiesel dengan katalis basa heterogen lebih cepat dari pada katalis asam (Zabeti, dkk., 2009, Lam, dkk., 2010). Menurut Sharma dkk (2008) reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel dengan menggunakan katalis basa 4000 kali lebih cepat dari pada menggunakan katalis asam. Kelemahan pemanfaatan enzim sbg katalis pembuatan biodiesel adalah biaya yang tinggi, laju reaksi yang lambat, dan deaktivasi enzim (Lam, dkk., 2010). Jadi dalam memproduksi biodiesel, pemanfaatan katalis basa heterogen lebih baik dari pada katalis asam dan enzim khususnya untuk bahan dasar biodiesel (minyak tanaman / lemak hewan) dengan kandungan FFA (*Free Fatty Acid*) yang rendah (dengan batasan

antara kurang dari 0,5 % sampai kurang dari 2 %). Sedangkan untuk minyak dengan kandungan FFA yang tinggi lebih baik menggunakan katalis asam atau enzim (Lam, dkk., 2010).

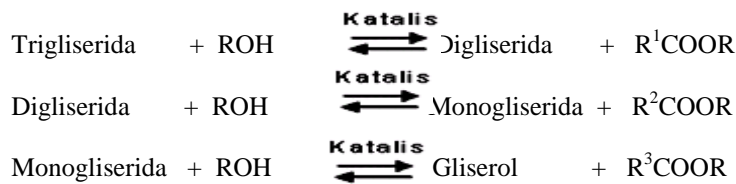
Zabeti dkk (2009) telah membahas faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi katalis padat untuk memproduksi biodiesel yang meliputi luas permukaan, ukuran pori, volume pori, dan konsentrasi situs aktifnya. Selain itu, kebasaaan katalis juga mempengaruhi aktivitas katalis (Helwani, dkk., 2009). Artikel ini membahas pengaruh kebasaaan dan luas permukaan terhadap aktivitas katalis basa heterogen untuk memproduksi biodiesel.

## 2. Katalis Basa Heterogen

Katalis basa heterogen merupakan suatu zat yang dapat mempercepat terjadinya suatu reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi, mempunyai sifat basa, dan fasa zatnya berbeda dengan fasa reaktannya. Katalis basa heterogen dapat mempercepat reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol membentuk ester dan gliserol. Jika menggunakan metanol maka ester yang dihasilkan dikenal dengan nama *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME). Reaksi ini digunakan secara luas untuk mengurangi viskositas trigliserida (Murugesan, dkk., 2008b). Karena reaksinya *reversible* (bolak-balik), alkohol berlebih digunakan supaya kesetimbangan bergeser ke arah produk (Helwani, dkk., 2009). Persamaan 1. Menunjukkan reaksi transesterifikasi keseluruhan dari trigliserida. Keseluruhan reaksi ini terdiri dari tiga tahapan reaksi yang juga terjadi secara reversible, seperti ditunjukkan pada persamaan 2 (Murugesan, dkk., 2008b).



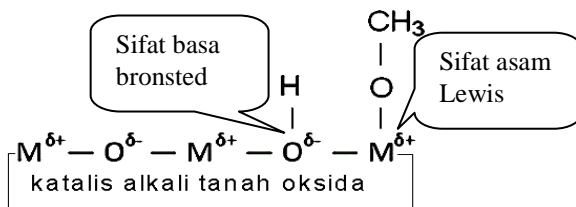
Persamaan 1. Reaksi transesterifikasi keseluruhan dari trigliserida



Persamaan 2. Tahapan Reaksi transesterifikasi dari trigliserida

### 3. Pengaruh Kebasaan (*basicity*) dan Luas Permukaan Terhadap Aktivitas Katalis Basa Heterogen

Salah satu kelompok katalis basa heterogen adalah katalis alkali tanah oksida. Beberapa jenis katalis alkali tanah oksida yang telah diteliti oleh beberapa peneliti untuk reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel antara lain magnesium oksida (Cantrell, dkk., 2005, Wang dan Yang, 2007), kalsium oksida (Kouzu, dkk., 2008, Liu, dkk., 2008), dan stronsium oksida (Liu, dkk., 2007). Situs basa di katalis alkali tanah oksida umumnya disebabkan karena adanya pasangan ion  $\text{M}^{2+} - \text{O}^{2-}$  (Helwani, dkk., 2009). Struktur alkali tanah oksida terdiri dari ion logam positif ( $\text{M}^{2+}$ ) yang memiliki sifat asam lewis, dan ion oksigen ( $\text{O}^{2-}$ ) yang memiliki sifat basa bronsted (Lihat gambar 1).



Gambar 1. Struktur permukaan katalis alkali tanah oksida

Pada reaksi transesterifikasi minyak dengan metanol, katalis memberikan cukup situs adsorpsi untuk metanol, sehingga ikatan  $\text{O} - \text{H}$  di metanol putus membentuk ion  $\text{CH}_3\text{O}^-$  dan  $\text{H}^+$ . Hal ini mengakibatkan ion  $\text{CH}_3\text{O}^-$  bereaksi dengan molekul trigliserida membentuk biodiesel.

Magnesium oksida (MgO) dibuat dengan cara pemanasan secara langsung magnesium karbonat atau magnesium hidroksida. Cantrell dkk (2005) melaporkan MgO mempunyai aktivitas katalitik yang rendah yaitu  $0,015 \text{ mmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}(\text{cat})^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ , sehingga MgO jarang digunakan sebagai katalis transesterifikasi minyak menjadi biodiesel. Selain itu MgO mempunyai persen konversi yang rendah yaitu 11% setelah 3 jam reaksi transesterifikasi pada suhu  $60^\circ\text{C}$ . Hal ini disebabkan karena MgO mempunyai kekuatan basa yang paling lemah dibandingkan dengan alkali tanah oksida yang lain (Zabeti, dkk., 2009). Wang dan Yang (2007) melaporkan nano MgO baik digunakan untuk reaksi transesterifikasi minyak kedelai karena menghasilkan yield biodiesel 99% dalam waktu 10 menit pada suhu  $523^\circ\text{C}$  dan tekanan 24 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa MgO lebih aktif pada suhu dan temperatur yang tinggi.

Tabel 1. Beberapa katalis basa heterogen untuk produksi biodiesel

Katalis	Karakterisasi katalis: Kekuatan situs basa ( $H_-$ ) dan Luas permukaan (SSA dalam $\text{m}^2/\text{g}$ )	Kondisi reaksi	Penyiapan katalis	Yield biodiesel	Referensi
Nano MgO	Ukuran partikel = 60 nm $H_-$ dan SSA tidak dilaporkan	$T = 250^\circ\text{C}$ $t = 10$ menit $P = 24$ Mpa Katalis = 3 % Metanol/oil = 36 : 1	Tidak dilaporkan	99 %	Wang dan Yang, 2007
CaO	$15 < H_- < 18,4$ SSA = 13	$T = 60- 65^\circ\text{C}$ (suhu metanol	Kalsinasi bubuk $\text{CaCO}_3$ pada suhu	93 %	Kouzu, dkk., 2008

MgO	Nilai $H_+$ dari MgO dan SrO tidak dilaporkan, hanya ditulis $H_+$ SrO>CaO>MgO  SSA = 200	refluk) t = 1 jam katalis=0,78g Metanol/oil = 12 : 1	900 °C selama 1,5 jam dalam aliran gas helium.  Kalsinasi $MgCO_3$ pada suhu 500 °C.	± 5 %	
SrO	SSA = 2		Kalsinasi $SrCO_3$ pada suhu 1050 °C.	± 98 %	
CaO	$H_+ > 26,5$ SSA = 0,56	T = 65 °C t = 3 jam katalis = 8 % Metanol/oil = 12 : 1	Tidak dilaporkan	95 %	Liu, dkk., 2008
CaO <i>microsphere</i> (bolamikro)	SSA = 5,3	T = 65 °C t = 3 jam katalis = 3 % Metanol/oil = 9 : 1	$CaCO_3$ mikropartikel dikalsinasi pada suhu 1000 °C selama 3 jam.	98,72 %	Xin, dkk., 2009
SrO	$H_+ > 26,5$ SSA = 1,05	T = 65 °C. t = 30 menit. katalis = 3 % Metanol/oil = 12 : 1	Kalsinasi $SrCO_3$ di dalam furnace pada suhu 1200 °C selama 5 jam.	98 %	Liu, dkk., 2007

Kalsium oksida (CaO) dipersiapkan dengan cara kalsinasi bubuk batu gamping (banyak mengandung kalsium karbonat) pada suhu 900 °C selama 1,5 jam dalam aliran gas helium (Kouzu, dkk., 2008). Dibandingkan dengan katalis alkali tanah oksida yang lain, pemanfaatan CaO untuk memproduksi biodiesel mempunyai lebih banyak keuntungan seperti CaO mempunyai kekuatan basa yang relatif tinggi sehingga aktivitas katalitiknya relatif tinggi, kondisi reaksi yang rendah (suhu pembuatan biodiesel 65 °C), *lifetime* katalis yang lama, ramah lingkungan karena kelarutan yang rendah di metanol, dan dapat disintesis dari bahan dasar yang murah seperti batu gamping (Zabeti, dkk., 2009, Liu, dkk., 2008). Liu dkk (2008) melaporkan pemanfaatan CaO untuk transesterifikasi minyak kedelai dengan metanol menghasilkan *Yield* biodiesel 95 % dalam waktu 3 jam pada suhu 65 °C dan 8 % katalis CaO. Hasil karakterisasi CaO, CaO mempunyai kekuatan situs basa  $H_+ > 26,5$  dan luas permukaan BET SSA = 0,56 m<sup>2</sup>/g (Liu, dkk. 2007). Xin dkk (2009) telah berhasil meningkatkan aktivitas katalis CaO dengan cara membuat CaO dalam bentuk bolamikro

(*microsphere*) yang menghasilkan yield biodiesel 98,72 % dalam waktu 3 jam pada suhu 65 °C dan 3 % katalis CaO *microsphere*. Hasil karakterisasi CaO *microsphere*, CaO *microsphere* mempunyai luas permukaan BET SSA = 5,3 m<sup>2</sup>/g. Hasil ini menunjukkan bahwa CaO lebih aktif dalam bentuk bolamikro karena mempunyai luas permukaan yang lebih besar. Katalis yang memiliki luas permukaan lebih besar memiliki daerah kontak lebih banyak dengan molekul reaktan sehingga dapat menghasilkan yield biodiesel yang lebih banyak dan aktivitas katalis yang lebih besar.

Stronsium oksida (SrO) dipersiapkan dengan cara kalsinasi  $SrCO_3$  di dalam furnace pada suhu 1200 °C selama 5 jam. Liu dkk (2007) melaporkan pemanfaatan SrO untuk transesterifikasi minyak kedelai dengan metanol menghasilkan *Yield* biodiesel 98 % dengan lama reaksi 30 menit pada suhu 65 °C dan 3 % katalis SrO. Hasil karakterisasi SrO, SrO mempunyai kekuatan situs basa  $H_+ > 26,5$  dan luas permukaan BET SSA = 1,05 m<sup>2</sup>/g. Beberapa katalis basa heterogen dapat dilihat di tabel 1.

#### 4. Kesimpulan

Kekuatan basa oksida dari logam alkali tanah makin meningkat dengan meningkatnya ukuran atom logam alkali tanah, dimana kekuatan basa  $\text{SrO} > \text{CaO} > \text{MgO}$ . Peningkatan kekuatan basa ini sebanding dengan peningkatan aktivitas katalis logam alkali tanah oksida yang ditunjukkan dengan meningkatnya yield biodiesel yang dihasilkan, sehingga aktivitas  $\text{SrO} > \text{CaO} > \text{MgO}$ . Luas

permukaan pada katalis basa oksida dari logam alkali tanah makin menurun, dimana luas permukaan  $\text{SrO} < \text{CaO} < \text{MgO}$ . Penurunan luas permukaan ini tidak sebanding dengan peningkatan aktivitas katalis logam alkali tanah oksida, sehingga dapat disimpulkan pengaruh kebasaaan pada aktivitas katalis basa heterogen lebih besar dari pada pengaruh luas permukaan katalis.

#### Daftar Pustaka

- Cantrell, David G., Gillie, Lisa J., Lee, Adam F., dan Wilson, Karen, (2005). Structure-Reactivity Correlations in MgAl Hydrotalcite Catalysts for Biodiesel Synthesis, *Applied Catalysis A: General*, Vol. 287, Hal. 183 – 190.
- Gao, Lijing, Teng, Guangyuan, dan Wei, Ruiping, (2010), Biodiesel from Palm Oil Via Loading KF/Ca – Al Hydrotalcite Catalyst. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 34, Hal. 1283 – 1288.
- Georgogianni, K.G., Katsoulidis, A.P., Pomonis, P.J., dan Kontominas, M.G., (2009), Transesterification of Soybean Frying Oil to Biodiesel Using Heterogeneous Catalysts, *Fuel Processing Technology*, Vol. 90, Hal. 671–676.
- Guan, Guoqing, Kusakabe, Katsuki, dan Yamasaki, Satoko, (2009), Tri-Potassium Phosphate as A Solid Catalyst for Biodiesel Production from Waste Cooking Oil, *Fuel Processing Technology*, Vol. 90, Hal. 520–524.
- Helwani, Z., Othman, M.R., Aziz, N., Kim, J., dan Fernando, W.J.N., (2009), Solid heterogeneous catalysts for transesterification of triglycerides with methanol: A review, *Applied Catalysis A: General*, Vol. 363, Hal. 1–10.
- Kauzu, Masato, Kasuno, Takekazu, Tajika, Masahiko, Sugimoto, Yoshikazu, Yamanaka, Shinya, dan Hidaka, Jusuke, (2008), Calcium Oxide as a Solid Base Catalyst for Transesterification of soybean oil and its application to biodiesel production, *Fuel*, Vol. 87, Hal. 2798-2806.
- Lam, Man Kee, Lee, Keat Teong, dan Mohamed, Abdul Rahman. (2010). Homogeneous, Heterogeneous and Enzymatic Catalysis for Transesterification Of High Free Fatty Acid Oil (Waste Cooking Oil) To Biodiesel: A Review, *Biotechnology Advances*, Vol. 28, Hal. 500 - 518.
- Liu, Xuejun, He, Huayang, Wang, Yujun, dan Zhu, Shenlin, (2007), Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel Using SrO as a Solid Base Catalyst, *Catalysis Communications*, Vol. 8, Hal. 1107–1111
- Liu, Xuejun, He, Huayang, Wang, Yujun, Zhu, Shenlin, dan Piao, Xianglan, (2008), Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel Using CaO as a Solid Base Catalyst, *Fuel*, Vol. 87, Hal. 216–221
- Murugesan, A., Umarani, C., Subramanian, R., dan Nedunchezian, N., (2008a), Biodiesel as an Alternative Fuel for Diesel Engines - A Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. XXX, Hal XXX-XXX.
- Murugesan, A., Umarani, C., Subramanian, R., dan Nedunchezian, N., (2008b), Production and Analysis of Bio-diesel from Non-edible oils—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. XXX, Hal XXX-XXX.
- Samart, C., Sreetongkittikul, P., dan Sookman, C., (2009), Heterogeneous Catalysis of Transesterification of Soybean Oil Using KI/Mesoporous Silica, *Fuel Processing Technology*, Vol. 90, Hal. 922–925.
- Sharma, Y.C., Singh, B., dan Upadhyay, S.N., (2008), Advancements in Development and Characterization of Biodiesel: A Review, *Fuel*, Vol. 87, Hal. 2355–2373.
- Wang, L. dan Yang, J., Transesterification of Soybean Oil with Nano-MgO or not in Supercritical and subcritical Metanol, *Fuel*, Vol 86. Hal. 328-333

- Xin, Bai H., Zhen, Shen X., Hua, Liu X., dan Yong, Liu S., (2009), Synthesis of Porous CaO Microsphere and its Application in Catalyzing Transesterification Reaction for Biodiesel. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, Vol. 19, Hal. s674-s677.
- Yan, Shuli, Salley, Steven O., dan Simon, K.Y., (2009), Simultaneous Transesterification and Esterification of Unrefined or Waste Oils Over ZnO-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts, *Applied Catalysis A: General*, Vol. 353, Hal. 203–212.
- Zabeti, Masoud, Daud, Wan Mohd Ashri Wan, dan Aroua, Mohamed Kheireddine, (2009), Activity of Solid Catalysts for Biodiesel Production: A Review, *Fuel Processing Technology*, Vol. 90, Hal. 770–777.