

KALSIUM OKSIDA MIKROPARTIKEL DARI CANGKANG TELUR SEBAGAI KATALIS PADA SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS

HARYONO*, CHRISTI LIAMITA NATANAEL, RUKIAH, YATI B. YULIANTI

Departemen Kimia,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran,
Jl. Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinagor 45363

Abstrak. Biodiesel telah berhasil disintesis dari minyak goreng bekas dengan katalis kalsium oksida (CaO) mikropartikel yang dikalsinasi dari cangkang telur. Cangkang telur sebagai sumber kalsium karbonat disiapkan melalui tahap pencucian, pengeringan, pengecilan ukuran, dan pengayakan untuk diperoleh ukuran lolos 100 *mesh*. Serbuk cangkang telur kemudian dikalsinasi pada suhu 900°C selama 8 jam. Setelah didinginkan, hasil kalsinasi selanjutnya diperkecil ukurannya dengan menggunakan *planetary ball mill*. Hasil CaO tersebut, kemudian dikarakterisasi dengan *particle size analyzer*, XRD, dan adsorpsi BET untuk menentukan ukuran partikel, derajat kristalinitas, luas permukaan spesifik, dan distribusi ukuran porinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik CaO dari hasil kalsinasi dengan perlakuan pengecilan ukuran lanjut lebih baik dibandingkan dengan tanpa perlakuan pengecilan lanjut. Ukuran partikel rata-rata, luas permukaan spesifik, diameter rata-rata pori, dan volume spesifik rata-rata pori dari CaO dengan pengecilan lanjut berturut-turut adalah 4,128 μm , 16,244 m^2/g , 42,282 \AA , dan $410,0 \times 10^{-3} \text{ cc/g}$. Penggunaan 10% katalis CaO tanpa pengecilan lanjut diperoleh biodiesel sebanyak 71,91%. Sedangkan penggunaan 3% CaO mikropartikel mampu menghasilkan biodiesel dengan *yield* 77,76%.

Kata kunci: Biodiesel, Cangkang Telur, Kalsium Oksida, Katalis, Mikropartikel.

Abstract. Biodiesel has been successfully synthesized from used cooking oil with calcined micro particle calcium oxide (CaO) catalysts from eggshells. The eggshell as a source of calcium carbonate is prepared through the washing, drying, reducing, and sieving steps for size of 100 mesh passes. Eggshell powder was undergone calcination at 900°C for 8 hours. After cooling, the calcination results are subsequently reduced in size by planet ball mill. The CaO is characterized by particle size analyzer, XRD, and BET adsorption to determine particle size, degree of crystallinity, specific surface area, and distribution of pore size. The results showed that the characteristic of CaO of calcination product with advanced sizing treatment is better compared with no further treatment. The mean size, surface area, average pore, and the specific volume of pore averages of CaO with subsequent reductions were 4.128 μm , 16.244 m^2/g , 42.282 \AA , and $410.0 \times 10^{-3} \text{ cc/g}$, respectively Biodiesel from synthesis use CaO catalyst without further downsizing as much as 10% obtained about 71.91%. While the use of micro particles CaO that only 3% were able to produce biodiesel from waste cooking oil at a yield of 77.76%.

Keywords: Biodiesel, Eggshell, Calcium Oxide, Catalyst, Microparticle

1. Pendahuluan

Katalis memiliki peranan penting dalam reaksi kimia. Katalis merupakan senyawa yang mampu mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi dari reaksi melalui pengadaan jalur atau mekanisme reaksi alternatif [1]. Demikian juga pada reaksi pembentukan (sintesis) biodiesel umumnya melibatkan peranan katalis. Penggunaan katalis basa homogen pada sintesis biodiesel relatif berpotensi menimbulkan beberapa masalah, terutama jika bahan baku biodiesel berupa minyak berkadar asam lemak bebas dan air tinggi. Permasalahan yang biasanya muncul adalah terjadinya reaksi penyabunan, meningkatkan viskositas biodiesel, ketidakefektifan *yield* biodiesel, dan pemisahan katalis yang relatif sulit [2]. Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah tersebut

¹ email : haryono@unpad.ac.id

adalah dengan memanfaatkan katalis padat berupa kalsium oksida, CaO (Lee et al., 2009). Katalis CaO dapat dibuat melalui kalsinasi CaCO_3 . Salah satu sumber CaCO_3 yang mudah diperoleh adalah kulit telur. Kulit telur mengandung sekitar 94% CaCO_3 , 1% MgCO_3 , 1% $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, dan 4% bahan organik [3]. Terkait dengan ketersediaan kulit telur, kulit telur sangat mudah diperoleh sebagai limbah dari konsumsi telur oleh berbagai sektor aktivitas masyarakat. Sebagai ilustrasi, produktivitas telur dari ayam petelur saja dalam 3 tahun terakhir (2012-2014) terjadi peningkatan rata-rata sekitar 6,76% per tahun, atau sekitar 79.625 ton/tahun [4]. Jika diasumsikan fraksi kulit telur sebesar 9-12% dari berat telur [3], maka akan terdapat sekitar 8.361 ton/tahun potensi kulit telur.

Katalis padat sebagai jenis umum dari katalis heterogen, kinerjanya dalam mengkatalisasi suatu reaksi ditentukan oleh aktivitas dan selektivitasnya. Aktivitas dan selektivitas katalis salah satunya berkaitan erat dengan sifat-sifat fisik katalis, yaitu: ukuran partikel dan distribusi ukurannya, luas permukaan, diameter pori dan distribusinya, morfologi, dan struktur katalis [5]. Kalsinasi kulit telur menjadi CaO dan pengkarakterisasiannya sebagai katalis sintesis biodiesel telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Viriya-empikul et al. (2012) telah mengkalsinasi kulit telur dari limbah restoran pada suhu 700-1000°C, namun tidak diinformasikan ukuran partikel kulit telur ketika dikalsinasi [6]. Kulit telur dengan ukuran lolos 100 *mesh* telah dikalsinasi menjadi CaO dengan karakteristik tertentu yang masih dimungkinkan untuk dioptimalkan [7]. CaO *pure grade* terkarakterisasi telah dimanfaatkan sebagai katalis sintesis biodiesel oleh beberapa peneliti [8,9].

Katalis merupakan senyawa yang mampu mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi dari reaksi melalui pengadaan jalur atau mekanisme reaksi alternatif. Secara *netto*, jumlah katalis sebelum dan setelah reaksi adalah sama, sehingga sering dikatakan bahwa katalis tidak dikonsumsi. Berdasarkan tipenya, terdapat 2 tipe katalis, katalis homogen dan heterogen [1]. Kinerja katalis heterogen (katalis padat) ditentukan oleh aktivitas dan selektivitasnya dalam berinteraksi dengan reaktan selama reaksi berlangsung. Aktivitas dan selektivitas katalis padat tersebut bergantung secara kritis terhadap morfologi dan tekstur, komposisi kimia permukaan, komposisi fase, dan strukturnya. Parameter-parameter karakteristik katalis padat tersebut secara terukur, dinyatakan sebagai sifat fisik dan kimianya. Sifat fisik dari katalis, meliputi: luas permukaan dan porositas, ukuran partikel dan distribusinya, struktur dan morfologi [5].

Biodiesel sebagai komoditas kimia yang dihasilkan melalui sintesis, umumnya melibatkan peranan katalis. Sintesis biodiesel secara konvensional umumnya dilakukan dengan bantuan katalis basa homogen, seperti NaOH dan KOH. Penggunaan katalis basa homogen akan membantu reaksi pembentukan biodiesel secara efektif jika minyak nabati yang digunakan memiliki kadar asam lemak bebas kurang dari 1% dan kadar air kurang dari 0,5%. Jika kadar asam lemak bebas dan kadar air melebihi batas maksimal tersebut, penggunaan katalis basa homogen cenderung tidak menguntungkan. Permasalahan utama yang timbul adalah terjadinya reaksi penyabunan antara basa dengan asam lemak bebas yang telah terdapat di dalam minyak dan/ yang terbentuk akibat reaksi hidrolisis [2]. Hal tersebut berakibat pada berkurangnya basa karena dikonsumsi pada reaksi penyabunan, sehingga kinerjanya sebagai katalis tidak akan optimal. Akibatnya biodiesel akan dihasilkan dengan *yield* yang rendah. Selain itu, sabun yang terbentuk akan mengganggu pada proses pemurnian biodiesel. Oleh karena itu penggunaan katalis padat pada sintesis biodiesel perlu dipertimbangkan. Penggunaan katalis padat pada sintesis biodiesel memiliki cukup banyak keuntungan, seperti: dapat dipakai berulang untuk masa pemakaian yang relatif lama, cenderung tidak korosif, tidak rentan terhadap kadar asam lemak bebas dan air yang tinggi, katalis padat bekas lebih mudah ditangani sehingga cenderung tidak menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan, dan pada beberapa jenis katalis padat dapat bekerja efektif pada suhu reaksi relatif

rendah [10]. Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan memanfaatkan katalis padat berupa CaO [11].

Katalis CaO dapat dibuat melalui kalsinasi CaCO₃. Reaksi tersebut merupakan reaksi endotermik. Pembentukan CaO terindikasi pada penurunan material reaksi sebagai fungsi suhu. Reaksi dekomposisi CaCO₃ menjadi CaO sesuai persamaan (1):



CaO mulai terbentuk pada suhu sekitar 700°C. Setelah suhu 700°C, peningkatan konversi CaCO₃ menjadi CaO akan berlangsung secara sangat signifikan dan sekitar suhu 850°C akan tercapai kondisi kesetimbangan [12].

Penelitian ini bertujuan untuk lebih mengoptimalkan karakteristik CaO dari hasil kalsinasi kulit telur melalui pengecilan ukuran lanjut terhadap CaO hasil kalsinasi. Keoptimalan karakteristik CaO diukur berdasarkan perbandingan karakter CaO dari hasil penelitian sebelumnya, meliputi: luas permukaan spesifik, diameter pori rata-rata, volume pori spesifik rata-rata, tingkat kemurnian, dan aktivitasnya sebagai katalis pada sintesis biodiesel.

2. Bahan dan Metode

Cangkang telur sebagai bahan baku CaCO₃ dicuci dengan akuademin, ditiriskan, dan selanjutnya dikeringkan pada suhu 105°C selama 2 jam di dalam oven. Cangkang telur kering diperkecil ukurannya dengan mortar kemudian diayak untuk diperoleh serbuk kulit telur lolos 100 mesh. Sebanyak 20 gram serbuk cangkang telur didekomposisi termal (dikalsinasi) pada suhu 900°C selama 8 jam [6]. Kalsinasi dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil kalsinasi selanjutnya dilakukan pengecilan ukuran lanjut dengan menggunakan *planetary ball mill* (Retsch GmbH PM 400) selama 2 jam untuk didapatkan partikel mikro. Sebagai pembanding, serbuk kulit telur ukuran lolos 100 mesh dikalsinasi, namun CaO hasil kalsinasi tidak diperkecil lanjut.

CaO dari hasil pengecilan lanjut ditentukan distribusi atau klasifikasi ukurannya dengan instrumen *particle size analyzer* (Beckman Coulter type LS 13 320). Sedangkan karakter permukaan dan pori berupa luas permukaan spesifik, distribusi volume pori spesifik, dan distribusi diameter pori dikarakterisasi dengan metode adsorpsi BET (Brunauer-Emmett-Teller) dengan gas N₂ (Quantachrome NovaWin Instruments model NOVA 1200). Identifikasi keberadaan dan derajat kristalinitas dari CaO dikarakterisasi dengan difraksi sinar-X (Phillips Analytical PW1710).

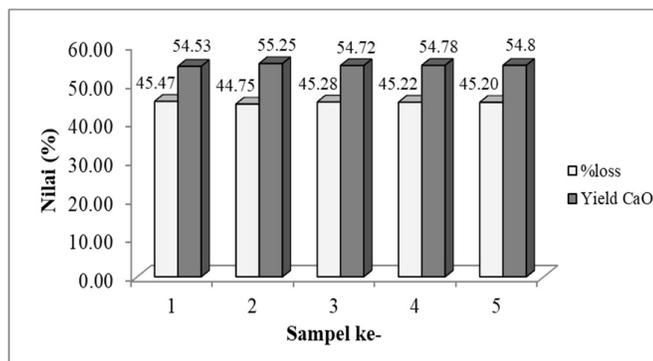
CaO hasil kalsinasi tanpa pengecilan lanjut sebanyak 10% ditambahkan dalam campuran minyak goreng bekas (terkarakterisasi) dan metanol dengan rasio mol 1:12. Reaksi dilakukan pada suhu 60°C selama 120 menit. Setelah dimurnikan dari gliserol, katalis sisa, dan metanol sisa, selanjutnya *yield* biodiesel dihitung. *Yield* biodiesel dihitung dengan persamaan (2). Melalui prosedur yang sama, sintesis biodiesel dilakukan kembali dengan katalis CaO mikropartikel sebanyak 3%.

$$\text{Yield biodiesel} = \frac{\text{massa biodiesel aktual}}{\text{massa biodiesel stoikiometris}} \times 100\% \quad (2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Dekomposisi termal CaCO_3 cangkang telur menjadi CaO

Pembentukan CaO dari hasil dekomposisi termal CaCO_3 pada cangkang telur ditandai dengan penurunan berat materi di akhir reaksi sebagai akibat dilepaskannya gas CO_2 yang merupakan produk lain dari dekomposisi tersebut. Dekomposisi termal atau kalsinasi CaCO_3 dari serbuk cangkang telur berukuran lolos 100 *mesh* dilakukan pada suhu 900°C selama 8 jam [6]. Suhu tersebut sedikit lebih tinggi dari yang disarankan oleh Halikia et al. (2001), dimana mulai pada suhu sekitar 850°C dekomposisi termal CaCO_3 telah mencapai kondisi kesetimbangan. Hasil dekomposisi termal CaCO_3 sebagai *yield* dan %kehilangan berat dari 5 kali dekomposisi terhadap serbuk cangkang telur secara terpisah ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil kalsinasi CaCO_3 cangkang telur sebagai %kehilangan berat dan *yield* CaO

Persen kehilangan berat (*weight loss*) dan *yield* seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 dihitung terhadap berat telur yang dikalsinasi. Persen kehilangan berat terhitung dari 5 kali dekomposisi termal terhadap cangkang telur berkisar 44,75 – 45,47%, atau jika dirata-rata sebesar 45,18%. Sesuai persamaan reaksi dekomposisi termal CaCO_3 , %kehilangan ini menunjukkan banyaknya gas CO_2 yang terbentuk. Sedangkan *yield* CaO yang diperoleh berada pada kisaran 54,53 – 55,25% (rata-rata 54,82%). Hubungan kuantitas teoritis pada dekomposisi CaCO_3 ditunjukkan pada persamaan (1).

Berdasarkan persamaan tersebut, 1 mol CaCO_3 akan terdekomposisi menjadi 1 mol CaO dan 1 mol gas CO_2 . Sedangkan berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian ini, dengan asumsi kadar CaCO_3 dalam cangkang telur 94% basis kering [3], diperoleh hubungan kuantitas, 1 mol CaCO_3 akan terdekomposisi menjadi 1,04 mol CaO dan 1,09 mol gas CO_2 . Mol CaO dan CO_2 hasil penelitian yang lebih besar dari mol teoritis diduga merupakan kontribusi mineral selain CaCO_3 yang terdapat dalam cangkang telur.

3.2 Karakteristik CaO dari hasil kalsinasi cangkang telur

Karakterisasi dilakukan terhadap CaO dengan 2 (dua) kelompok ukuran berbeda sebagai bahan perbandingan untuk mempelajari pengaruh ukuran partikel terhadap karakteristik (sifat fisis) dari CaO hasil kalsinasi. Hasil karakterisasi ukuran partikel dan permukaan CaO dari 2 kelompok ukuran tersebut dan perbandingannya dengan beberapa hasil penelitian lainnya ditampilkan pada Tabel 1. Nampak bahwa pengecilan ukuran partikel CaO akan berdampak secara relatif signifikan terhadap peningkatan luas permukaan spesifiknya. Dari penelitian ini, pengecilan ukuran partikel kulit telur dari 149 μm menjadi 4,128 μm (sekitar 1/36,1 dari ukuran partikel awal) berhasil

meningkatkan luas permukaan spesifik dari 1,842 m²/g menjadi 16,244 m²/g (sekitar 8,8 kali dari luas permukaan awal).

Tabel 1. Karakteristik permukaan CaO

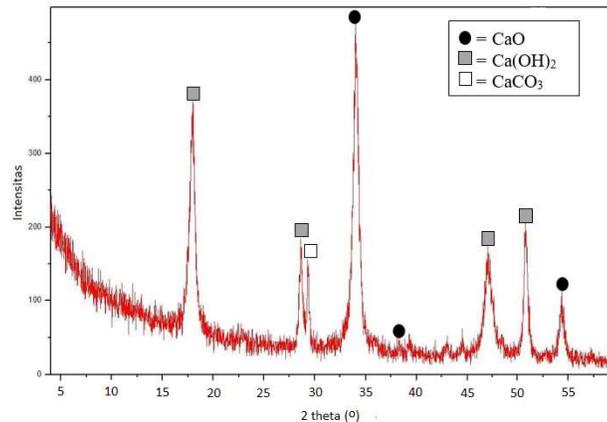
Bahan Baku/ Jenis CaO	Karakteristik*)			
	Ukuran Partikel (μm)	Luas Permukaan (m ² /g)	Diameter Pori (\AA)	Volume Pori (cc/g) x 10 ⁻³
Kulit telur	4,128	16,244	42,282	41,0
	149	1,842	118,27	5,45
	-	1,1	-	5,00 (Viriyana, 2012) [6]
Cangkang kerang	149	2,156	284,53	15,33 (Haryono, 2016) [7]
Cangkang keong	163	1,7	32	40 (Margaretha, 2012) [13]
CaO (96,0%) (komersial)	0,031	21	-	- (Lim, 2009) [8]

*) nilai rata-rata

Peningkatan luas permukaan pada material yang difungsikan sebagai katalis, umumnya akan meningkatkan kinerja katalis tersebut dalam hal aktivitasnya. Di samping tentunya juga dipengaruhi oleh distribusi ukuran dan volume pori serta sisi-sisi aktif pada permukaan katalis tersebut. Viriyana-empikul et al. (2012) memperoleh hasil, CaO dengan luas permukaan spesifik 0,9 m²/g yang dimanfaatkan sebagai katalis biodiesel telah memberikan *yield* biodiesel sebesar 85,5% [6]. Sedangkan pemakaian CaO dengan luas permukaan spesifik 1,0 m²/g menghasilkan biodiesel dengan *yield* sekitar 93,1%.

CaO berukuran 4,128 μm , sesuai hasil pengukuran dengan model adsorpsi BET, memiliki diameter pori rata-rata sebesar 42,282 \AA (atau sekitar 4,23 nm). Oleh karena itu pori-pori CaO termasuk sebagai mesopori. Diameter pori < 2 nm termasuk mikropori, 2 – 50 nm terkelompok mesopori, dan > 50 nm adalah makropori [5].

Hasil karakterisasi dengan XRD terhadap CaO dari kalsinasi diikuti pengecilan ukuran lanjut ditampilkan sebagai spektra difraksi pada Gambar 2. Pola XRD sampel pada Gambar 2 menunjukkan, puncak CaO terdeteksi dengan intensitas tinggi pada $2\theta = 32,2^\circ$ dan $53,9^\circ$, serta terdeteksi dengan intensitas rendah pada $2\theta = 37,4^\circ$. Keberadaan Ca(OH)₂ juga terobservasi yang diindikasikan sebagai puncak difraksi di $2\theta = 18,0^\circ$, $28,6^\circ$, $47,0^\circ$, dan $50,8^\circ$. Ca(OH)₂ terbentuk karena CaO memiliki sifat basa kuat akibat keberadaan anion oksigen pada permukaannya [14]. Oleh karena itu, jika CaO berinteraksi dengan udara, H₂O (uap air) dalam udara akan bereaksi dengan CaO menghasilkan Ca(OH)₂. Puncak CaCO₃ juga terdeteksi pada $2\theta = 29,4^\circ$. Keberadaan CaCO₃ diduga terbentuk sebagai akibat kondisi kesetimbangan telah mulai tercapai, sehingga sejumlah kecil CaO bereaksi kembali dengan CO₂ membentuk CaCO₃. Kondisi kesetimbangan reaksi dekomposisi termal CaCO₃ umumnya tercapai pada suhu sekitar 850°C [12].



Gambar 2. Pola XRD dari hasil kalsinasi cangkang telur

3.3 Uji aktivitas CaO dari kalsinasi cangkang telur pada sintesis biodiesel

Perbedaan aktivitas katalis antara CaO tanpa pengecilan lanjut dengan CaO mikropartikel sebagai katalis pada sintesis biodiesel, ditinjau berdasarkan perbandingan *yield* biodiesel yang dihasilkan dengan penggunaan kedua jenis katalis tersebut dalam kadar berbeda. Pemakaian katalis dengan kadar lebih sedikit namun memberikan *yield* biodiesel lebih banyak menunjukkan bahwa aktivitas katalis tersebut lebih baik, dan sebaliknya.

Pengujian dengan menggunakan minyak goreng bekas sebagai bahan baku biodiesel, pada rasio mol minyak-metanol 1:12, suhu reaksi 60°C, dan lama reaksi 120 menit, menunjukkan bahwa penggunaan CaO mikropartikel (4,128 μm) hanya dengan sebanyak 3%, diperoleh *yield* biodiesel sebanyak 77,76%. Sedangkan penggunaan CaO tanpa pengecilan lanjut (149 μm) sebanyak 10% hanya dihasilkan biodiesel dengan *yield* 71,91%.

Berdasarkan perbandingan jumlah pemakaian antar kedua jenis CaO dengan ukuran partikel berbeda, dan dampaknya terhadap *yield* biodiesel, nampak bahwa pengecilan ukuran lanjut terhadap CaO hasil kalsinasi CaCO₃ dari kulit telur merupakan upaya yang relatif menguntungkan untuk meningkatkan kinerja dan mengefisienkan penggunaan CaO sebagai katalis pada sintesis biodiesel.

4. Kesimpulan

Pengecilan ukuran terhadap cangkang telur terkalsinasi berdampak pada perubahan sifat-sifat fisis berupa luas permukaan spesifik, diameter pori, dan volume pori. Pengecilan ukuran partikel kulit telur dari 149 μm menjadi 4,128 μm berhasil meningkatkan luas permukaan spesifik dari 1,842 m²/g menjadi 16,244 m²/g (sekitar 8,8 kali dari luas permukaan awal). Diameter dan volume spesifik pori yang terbentuk juga berubah relatif signifikan sebagai akibat terbukanya ruang-ruang dan lintasan-lintasan baru setelah ukuran partikel cangkang telur terkalsinasi lebih diperkecil. Karakterisasi XRD menunjukkan, selain terdeteksi CaO, terdeteksi pula Ca(OH)₂ dan CaCO₃. CaO dari kalsinasi CaCO₃ cangkang telur dengan pengecilan lanjut (mikropartikel) dan kadar lebih sedikit mampu meningkatkan *yield* biodiesel secara signifikan, dari 71,91% menjadi 77,76%.

Daftar Pustaka

1. Atkins, P., Paula, J. 2010. *Physical Chemistry*. 9th Edition. W.H. Freeman and Company-New York.
2. Mat, R., Samsudin, R.A., Mohamed, M., Johari, A. 2012. *Solid Catalysts and Their Application in Biodiesel Production*. Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis Vol. 7(2) : 142-149.
3. Ahn, D. 2009. *Egg Components*. Animal Science Department, Iowa State University. <http://www.public.iastate.edu/~duahn/.../Egg%20Components.pdf>. Diakses tanggal 4 April 2017.
4. BPS (Biro Pusat Statistik). 2015. <http://www.bps.go.id>. Diakses April 2017.
5. Deutschmann, O., Knozinger, H., Kochloefl, K., Turek, T. 2009. *Heterogeneous Catalysis and Solid Catalyst*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA-Weinheim.
6. Viriya-empikul, N., Krasae, P., Nualpaeng, W., Yoosuk, B., Faungnawakij, K. 2012. Biodiesel Production over Ca-Based Solid Catalysts Derived from Industrial Wastes. *Fuel* Vol. 92 : 239-244.
7. Haryono, Natanael, C.L., Dhiya, F.F. 2016. Biodiesel dari Jelantah dengan Katalis Kulit Telur Terkalsinasi. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajaran Kimia 2016*. Jatinangor, 30 Mei 2016.
8. Lim, B.P., Maniam, G.P, Hamid, S.A. 2009. Biodiesel from Adsorbed Waste Oil on Spent Bleaching Clay using CaO as a Heterogeneous Catalyst. *European Journal of Scientific Research* Vol. 33(2) : 347-357.
9. Reyero, I., Arzamendi, G., Gandía, L.M. 2014. Heterogenization of the Biodiesel Synthesis Catalysis: CaO and Novel Calcium Compounds as Transesterification Catalysts. *Chemical Engineering Research and Design* : 1519-1530.
10. Thanh, L.T., Okitsu, K., Boi, L.V., Maeda, Y. 2012. Catalytic Technologies for Biodiesel Fuel Production and Utilization of Glycerol. *Catalyst* Vol. 2 : 191-222.
11. Lee, D.W., Park, Y.M., Lee, K.Y. 2009. Heterogeneous Base Catalysts for Transesterification in Biodiesel Synthesis. *Catal Surv Asia* Vol. 13 : 63-77.
12. Halikia, I., Zoumpoulakis, L., Christodoulou, D., Prattis, D. 2001. Kinetic Study of the Thermal Decomposition of Calcium Carbonate by Isothermal Methods of Analysis. *The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection* Vol. 1(2) : 89-102
13. Margaretha, Y.Y., Prastyo, H.S., Ayucitra, A., Ismadji, S. 2012. Calcium Oxide from Pomacea sp. Shell as a Catalyst for Biodiesel Production. *International Journal of Energy and Environmental Engineering* Vol. 3(33) : 1-9.
14. Kouzu, M., Hidaka, J. 2012. Transesterification of Vegetable Oil into Biodiesel Catalyzed by CaO: a review. *Fuel* Vol. 93 : 1-12.