

LITERATURE REVIEW: PENGARUH SUHU KALSINASI TERHADAP SINTESIS KATALIS HETEROGEN CaO DARI CANGKANG TELUR

Anita Zahara^{1*}, Bhayu Gita Bhernama¹, Muhammad Ridwan Harahap¹

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry

*E-mail: anitazaharahs@gmail.com

Abstract: *The CaO catalyst is heterogenous and is a base catalyst. CaO heterogenous catalyst can be made through the calcination process. In this library study (library), summarized how the effects of temperature and calcination of the heterogenous catalyst synthesis of eggshells, where the calcination and time and calcination time effects the release of CO₂ of the CaCO₃ compound. Based on the effect of calcination temperature, the higher the temperature the sample weight is getting smaller. This is because the more CO₂ is released, so the process of detoxing CaCO₃ becomes CaO faster. And based on the effect of time, the higher the calcination temperature the time the calcination time required is reduce. Sooner the other way, the lower the calcination temperature then long time it takes increases. This is seen based on the results of XRD, SEM, and FTIR analysis results in indicating that there is a crystal structure in the CaO component, high surface area, and the presence of carbonate minerals in eggshells. The best temperature and calcination time to produce heterogenous CaO catalyst is 900°C for 2 hours.*

Keywords: *Heterogeneous Catalyst, CaO, Egg Shell, Calcination.*

Abstrak: Katalis CaO merupakan katalis heterogen dan bersifat basa. Katalis heterogen CaO dapat dibuat melalui proses kalsinasi. Dalam kajian kepustakaan (*library research*) ini dirangkum tentang bagaimana pengaruh suhu dan waktu kalsinasi terhadap sintesis katalis heterogen CaO dari cangkang telur, dimana suhu dan waktu kalsinasi berpengaruh terhadap pelepasan CO₂ dari senyawa CaCO₃. Berdasarkan pengaruh suhu kalsinasi, semakin tinggi suhu maka berat sampel semakin kecil. Hal ini disebabkan karena semakin banyak CO₂ yang dilepaskan, sehingga proses dekomposisi CaCO₃ menjadi CaO semakin cepat. Dan berdasarkan pengaruh waktu, semakin tinggi suhu kalsinasi maka lama waktu kalsinasi yang dibutuhkan semakin rendah. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah suhu kalsinasi maka lama waktu kalsinasi yang dibutuhkan bertambah. Hal ini dilihat berdasarkan analisis XRD, SEM, dan FTIR yang menunjukkan bahwa adanya struktur kristal dalam komponen CaO, luas permukaan tinggi, dan adanya mineral karbonat dalam cangkang telur. Suhu dan waktu kalsinasi terbaik untuk menghasilkan katalis CaO heterogen adalah 900°C selama 2 jam.

Kata Kunci: Katalis Heterogen, CaO, Kulit Telur, Kalsinasi.

PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan bakar yang digunakan selama ini didapat dari alam atau fosil yang tidak terbarukan seperti gas alam, minyak bumi dan batu bara yang semakin berkurang dari hari ke hari, dimana hasil pembakarannya yang tidak ramah lingkungan cenderung merusak lingkungan (Arita *et al.*, 2014). Hal tersebut telah mendorong pemerintah dan masyarakat untuk menetapkan kebijakan pada energi terbarukan yang ramah lingkungan seperti biodiesel. Pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan menggunakan katalis heterogen. Oleh karena itu, sangat diperlukan penelitian untuk mencari, mengoptimalkan dan mengaplikasikan sumber energi alternatif terbarukan sehingga dapat meningkatkan kebutuhan bahan bakar didunia (Arita *et al.*, 2013). Katalis heterogen dapat menghasilkan katalis yang lebih ramah lingkungan, dengan harga yang murah, mudah dipisahkan, non korosif dan potensial jika digunakan berkali-kali. Selain itu, katalis heterogen meningkatkan kemurnian hasil karena reaksi samping dapat dieliminasi. Menurut Mohamed *et al* (2015), katalis heterogen memiliki aktivitas katalis yang cenderung lebih tinggi dimana diantaranya kalsium metoksida yang memiliki aktivitas katalis yang sangat baik dan juga memiliki waktu pakai yang panjang serta dapat mempertahankan keaktifannya meskipun telah digunakan berulang kali. Secara umum, katalis yang baik harus memenuhi beberapa syarat yaitu dapat menjadi katalis pada reaksi transesterifikasi dan esterifikasi, tidak terdeaktifasi oleh air, stabil, aktif pada suhu rendah, dan memiliki selektivitas yang tinggi. Efisiensi katalis bergantung pada beberapa faktor, yaitu luas permukaan spesifik, ukuran pori, volume pori, dan konsentrasi sisi aktif (Refaat, 2011).

Beberapa katalis heterogen yang telah digunakan pada produksi biodiesel, diantaranya MgO, CaO, dan hydrotalcites. Pada umumnya, bahan baku untuk menghasilkan CaO adalah $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan CaCO_3 . Selain itu, ada beberapa sumber kalsium alami dari limbah yang dapat dimanfaatkan, seperti

cangkang telur, cangkang kepiting, cangkang moluska, dan tulang (Darwis *et al.*, 2012). Saat ini, sumber bahan baku (cangkang telur) tersedia cukup banyak namun hanya dibuang (belum dimanfaatkan). Oleh karena itu, memanfaatkan cangkang telur sebagai katalis merupakan usaha yang cukup relevan untuk mengurangi dampak lingkungan (Miskah, 2016). Komponen utama dari cangkang telur adalah kalsium karbonat (CaCO_2) dimana kalsium karbonat (CaCO_3) akan dikonversi menjadi kalsium oksida (CaO) dan karbon dioksida (CO_2) pada suhu tinggi melalui proses kalsinasi (Taslim, 2016). Proses kalsinasi dapat dilakukan dalam sebuah *furnace* yang dapat dikendalikan kenaikan suhunya. Proses kalsinasi dapat dilakukan tanpa atau dengan pengaliran udara (Istadi, 2011).

Berdasarkan hasil penelitian Mahreni dan Sulistyawati (2011) tentang pemanfaatan kulit telur sebagai katalis biodiesel dari minyak sawit dan metanol. Dalam penelitian tersebut kulit telur dikalsinasi didalam *furnace* dengan suhu 700-900C selama 2 jam untuk menghasilkan katalis CaO. Struktur CaO yang dihasilkan dianalisis menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) pada sudut 2θ (5-30)°. Hasil suhu kalsinasi terbaik dari katalis CaO pada suhu 900°C dan hasil analisis XRD yang membuktikan bahwa komponen CaO mempunyai struktur kristal. Selain itu dalam penelitian yang telah dilakukan Oko dan Syahrir (2018) tentang sintesis biodiesel dari minyak sawit menggunakan katalis CaO superbasa dari pemanfaatan limbah cangkang telur ayam. Katalis CaO dari cangkang telur ayam dibuat melalui proses kalsinasi CaCO_3 menjadi CaO pada suhu 950°C selama 2 jam. Hasil analisis katalis CaO menunjukkan bahwa katalis CaO dari cangkang telur memiliki derajat kristalinitas sebesar 94,64% dan kadar CaO sebesar 92,66%. Dalam penelitian Oko dan syahrir (2017) tentang pengaruh penambahan ammonium karbonat pada pembuatan katalis CaO superbasa dari cangkang telur ayam. Didapatkan hasil penelitian dari proses kalsinasi pada suhu 900°C selama 1,5 jam dan analisis XRD menunjukkan bahwa

katalis CaO dari cangkang telur memiliki derajat kristalinitas sebesar 96,64% dan kadar CaO sebesar 96,85%. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu kalsinasi maka dekomposisi cangkang telur menjadi CaO semakin baik dan katalis CaO dari cangkang telur mempunyai aktivitas katalitik yang tinggi yang dapat digunakan sebagai katalis.

Berdasarkan uraian di atas penulis tertarik untuk melakukan tinjauan literasi terhadap sintesis katalis heterogen dari cangkang telur. Dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu kalsinasi dan waktu kontak pada sintesis katalis heterogen dari cangkang telur.

METODE

Metode yang penulis gunakan yaitu *Literature review* (Tinjauan Pustaka) yang berisi ulasan, rangkuman hasil pemikiran penulis dengan menelaah dan menelusuri literatur yang berkenaan dengan masalah yang di teliti baik berupa jurnal-jurnal yang mengandung informasi dan data-data yang berkaitan dengan variable suhu kalsinasi, waktu, *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Elektron Microscope* (SEM), dan *Fourier Transform Infrared Radiation* (FTIR) pada sintesis katalis heterogen dari cangkang telur. Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan data sekunder yaitu sumber data yang diperoleh dengan cara membaca, mempelajari dan memahami melalui media lain yang bersumber dari literatur, buku-buku, serta dokumen.

Strategi Pencarian Literatur

Pencarian literatur yang dilakukan menggunakan *database* seperti *Google scholar*, *Science direct*, ISSN maupun jurnal nasional lainnya dengan menggunakan kata kunci yaitu: Katalis Heterogen, CaO, Suhu Kalsinasi, Cangkang Telur. Jurnal-jurnal yang sesuai dengan judul selanjutnya diambil untuk dianalisis. *Literature review* ini menggunakan literatur terbitan tahun 2011-2020 yang diakses *fulltext* dalam format

pdf. Kriteria jurnal yang direview adalah jurnal berbahasa Indonesia dan Inggris yang mengandung katalis heterogen dari cangkang telur, pengaruh suhu kalsinasi, dan karakterisasi katalis.

Sintesis Data

Literatur review ini disintesis dengan metode mengelompokkan data-data hasil Isolasi yang sejenis dan relevan dengan judul untuk menjawab tujuan penelitian. Jurnal yang relevan dengan judul dikumpulkan dan dibuat ringkasan meliputi nama pengarang dan tahun terbit (Referensi), variabel suhu kalsinasi, variabel waktu, dan variabel instrument, ringkasan tersebut dimasukkan ke dalam tabel sebagai data pengamatan.

Analisis awal pada jurnal dilakukan dengan mengamati abstrak dan tujuan penelitian. Ringkasan jurnal dilakukan dengan analisis terhadap isi kemudian dibandingkan dengan jurnal lain yang direview. Data yang terkumpul dicari persamaan dan perbedaannya lalu dibahas untuk menarik kesimpulan.

Penelusuran Jurnal

Berdasarkan hasil penelusuran di *google scholar* dan *Science direct*. Peneliti menemukan 94 jurnal yang sesuai dengan kata kunci tersebut. Kemudian dilakukan analisis terhadap jurnal tersebut, 62 jurnal di eksklusi karena tidak memiliki data variasi yang diamati, sehingga diperoleh 30 jurnal yang akan dilakukan review.

Metode memuat tentang rancangan penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data, dan analisis data dilakukan oleh peneliti, dengan panjang 10-15% dari total panjang artikel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabel Suhu

Proses kalsinasi cangkang telur bertujuan untuk menghilangkan kandungan air, senyawa organik, serta karbon dioksida melalui reaksi dekomposisi kalsium karbonat yang

terkandung dalam cangkang telur sehingga diperoleh senyawa kalsium oksida. Pada umumnya, air dan senyawa organik dapat dihilangkan dari cangkang telur pada suhu dibawah 600°C. Sedangkan karbon dioksida baru dapat dilepaskan dari cangkang telur pada suhu 700-800°C. Oleh karena itu, untuk mendapatkan katalis CaO yang baik dari cangkang telur, suhu kalsinasi yang digunakan harus di atas 800°C (Okro dan Syahrir, 2017).

Pembentukan CaO dapat dilihat dari perubahan berat sampel sebelum dan sesudah kalsinasi yang berarti bahwa telah terjadi reaksi dekomposisi. Perubahan berat sampel disebabkan oleh pelepasan CO₂ dari senyawa CaCO₃. Pada penelitian Mahreni dan Sulistyawati (2011) perubahan berat sampel dipengaruhi oleh suhu kalsinasi. Semakin tinggi suhu kalsinasi, berat sampel semakin kecil karena semakin banyak CO₂ yang dilepaskan. Dari hasil pengamatan secara langsung, serbuk hasil kalsinasi pada suhu (800-900°C) berwarna putih sesuai dengan spesifikasi CaO. Namun hasil kalsinasi pada suhu (300-700°C) serbuk berwarna kehitaman. Warna kehitaman disebabkan oleh abu bahan organik yang terkandung di dalam cangkang telur. Pada hasil kalsinasi suhu diatas 700°C abu bahan organik di dalam cangkang telur telah terdekomposisi dan terlepas dari permukaan CaO sehingga warna hitam berubah menjadi warna putih. Menurut Setiadji *et al* (2017), dari hasil penelitian yang dilakukannya pada kalsinasi suhu 900°C selama waktu 4 jam diperoleh serbuk sampel CaO berwarna putih sesuai dengan spesifikasi CaO.

Penelitian Enggawati *et al* (2013), dinyatakan bahwa senyawa utama yang menyusun hampir seluruh bagian dari cangkang telur adalah CaCO₃. Sehingga kalsinasi pada suhu tinggi dapat mengubahnya menjadi CaO, dimana CaCO₃ terdekomposisi menjadi CaO karena pengaruh kalsinasi suhu tinggi. Dari hasil pengamatan maka dapat disimpulkan bahwa suhu kalsinasi terbaik untuk menghasilkan CaO adalah 900°C.

Variabel Waktu

Waktu kalsinasi cangkang telur untuk menghasilkan CaO adalah 4 jam. Namun, pada penelitian yang telah dilakukan Darwis *et al* (2012), waktu kalsinasi 4 jam belum memberi hasil yang memuaskan. Pada karakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan bahwa masih mengandung CaCO₃ pada cangkang telur. Untuk menyempurnakan hasil maka dilakukan kalsinasi selama 6 jam dan karakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) yang menunjukkan hasil sempurna. Menurut Okro *et al* (2017), dikatakan bahwa untuk mendapatkan senyawa CaO yang lebih dominan, maka pada kalsinasi cangkang telur suhu yang digunakan harus diatas 800°C selama waktu 2 jam. Jadi, dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa waktu reaksi pada kalsinasi berpengaruh pada tinggi suhu yang digunakan. Semakin tinggi suhu maka lama waktu reaksi yang dibutuhkan semakin berkurang, begitu juga sebaliknya, semakin rendah suhu maka lama waktu reaksi yang dibutuhkan semakin bertambah. Hal itu disebabkan oleh proses pelepasan CO₂ pada CaCO₃ yang terkandung didalam cangkang telur.

X-Ray Diffraction (XRD)

Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengidentifikasi komponen dan kristalinitas dari cangkang telur. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Mahreni dan Sulistyawati (2011), hasil analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) pada suhu kalsinasi 900°C menunjukkan puncak-puncak runcing yang tersebar pada sudut 2θ (20-50°) membuktikan bahwa komponen CaO mempunyai struktur kristal. Dari hasil analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) tersebut disimpulkan bahwa suhu kalsinasi terbaik yang menghasilkan kristal CaO adalah 900°C. Menurut Okro, *et al* (2018), hasil analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan komponen utama yang terdapat pada katalis adalah CaO. Dimana pada hasil analisis menunjukkan bahwa adanya puncak-puncak runcing

yang membuktikan bahwa komponen CaO mempunyai struktur kristal. Derajat kristalinitasnya sebesar 94,64%. Menurut Setiadji *et al* (2017), dari hasil analisis XRD menunjukkan bahwa sampel CaO belum murni, masih diperoleh komponen lain yaitu Ca(OH)_2 dan CaCO_3 yang belum terkonversi, akan tetapi intensitas serapan CaO paling tinggi dibandingkan komponen lainnya. Menurut Enggawati *et al* (2013), hasil analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) dalam penelitian yang telah dilakukannya menunjukkan bahwa dalam difaktogram muncul puncak-puncak yang merupakan karakter dari CaO pada $2\theta = 32,26^\circ$; $37,41^\circ$; $53,90^\circ$; $64,20^\circ$; $67,43^\circ$; $79,71^\circ$; dan $88,57^\circ$. Menurut Haryono *et al* (2018), hasil analisis pola *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan puncak CaO terdeteksi dengan intensitas tinggi pada $2\theta = 32,2^\circ$ dan $53,9^\circ$ serta terdeteksi dengan intensitas rendah pada $2\theta = 37,4^\circ$. Puncak CaCO_3 juga terdeteksi pada $2\theta = 29,4^\circ$. Keberadaan CaCO_3 terbentuk akibat keadaan kesetimbangan telah mulai tercapai, sehingga sejumlah kecil CaO bereaksi kembali dengan CO_2 membentuk CaCO_3 .

Menurut Poedjojono (2019), hasil analisis menunjukkan bahwa puncak dari CaO di 2θ muncul pada posisi 18.0664° ; 28.7696° ; 32.2048° ; 34.0974° ; 37.3659° ; 50.9048° ; 53.8706° ; 64.1474° ; dan 67.3793° . Hal ini membuktikan bahwa cangkang telur yang dikalsinasi pada suhu $800\text{-}1000^\circ\text{C}$ menunjukkan puncak yang jelas dan tajam dari fase kristal CaO. Adanya senyawa CaO pada katalis mengidentifikasi bahwa katalis memiliki sisi aktif yang sangat berpengaruh pada proses transesterifikasi. Menurut Buasri *et al* (2011), hasil analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan adanya perubahan pola XRD yang disebabkan oleh pelepasan CO_2 dari cangkang telur. Pola difraksi katalis yang dikalsinasi pada suhu $< 800^\circ\text{C}$ merupakan karakteristik CaCO_3 , sedangkan sampel yang dikalsinasi pada suhu $> 800^\circ\text{C}$ menunjukkan karakteristik refleksi difraksi CaO. Komponen utama dari cangkang telur yang dikalsinasi pada suhu 900°C selama 4 jam adalah spesies CaO. Dari hasil analisis menunjukkan pantulan *X-Ray Diffraction* (XRD) yang

tajam dengan orientasi (1 1 1), (2 0 0), (2 2 0), (3 1 1) dan (2 2 2) dimana hal tersebut diartikan bahwa material yang dikalsinasi telah mengkristal dengan baik.

Dalam penelitian Oko *et al* (2017), dari analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) terlihat bahwa terjadinya dekomposisi senyawa CaCO_3 menjadi senyawa CaO setelah kalsinasi pada suhu 950°C . Hal ini dikarenakan terlepasnya zat-zat volatile saat terjadinya proses kalsinasi seperti karbon dioksida (CO_2) sehingga tersisa senyawa yang tidak teruapkan seperti CaO. Lalu pada penelitian Tahya (2019) dan penelitian Tehubijuluw *et al* (2014), cangkang telur dikalsinasi pada suhu 1000°C selama 2 jam. Pada difatogram hasil XRD menghasilkan pola difraksi yang ditunjukkan oleh puncak-puncak pada $2\theta = 29,1849^\circ$; $32,3808^\circ$; $33,8084^\circ$; $34,0246^\circ$; $37,5414^\circ$; $48,4970^\circ$; $48,7765^\circ$; $54,0491^\circ$; $57,5377^\circ$; $60,3488^\circ$; $64,3488^\circ$; $67,5666^\circ$; $79,8408^\circ$; $80,8259^\circ$; dan $88,7071^\circ$. Tingkat kristalinitas dari CaO cangkang telur terlihat pada puncak difraksi yang dihasilkan sempit dan tajam yang menunjukkan bahwa katalis CaO yang diperoleh memiliki kristalinitas yang tinggi.

Scanning Electron Microscope (SEM)

Menurut penelitian Taslim *et al* (2016), dalam penelitiannya dilakukan analisis terhadap morfologi katalis menggunakan *Scanning Elektron Microscope* (SEM) pada sintesis CaO dengan kalsinasi pada suhu 1000°C selama 2 jam menunjukkan katalis cangkang telur yang beraturan dan memiliki permukaan yang cenderung datar. Menurut Yusuf *et al* (2018), dari analisis *Scanning Elektron Microscope* (SEM) menunjukkan bahwa katalis mentah memiliki partikel yang besar, tidak teratur, dan tidak teridentifikasi, dimana permukaan diasumsikan tertutup oleh gas yang teradsorpsi, materi yang mudah menguap, dan uap air. Hal ini menjelaskan mengapa katalis mentah menunjukkan tingkat aktivitas yang rendah. Namun, setelah kalsinasi, partikel besar yang tidak teridentifikasi pada katalis mentah terurai menjadi partikel yang lebih kecil dengan luas permukaan

yang tinggi dan rongga besar. Hal ini terjadi karena adanya perubahan komposisi komponen katalis.

Fourier Transform Infrared Radiation (FTIR)

Analisis *Fourier Transform Infrared Radiation* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada katalis CaO. Dimana pada penelitian yang telah dilakukan Abdillah dan Hulupi (2020), hasil analisis *Fourier Transform Infrared Radiation* (FTIR) untuk cangkang telur sebelum dan sesudah kalsinasi pada suhu 800°C menunjukkan perbedaan spectrum yang cukup jelas. Proses kalsinasi pada suhu 800°C menyebabkan terbentuknya puncak baru pada bilangan gelombang 3640 cm^{-1} yang menunjukkan ikatan Ca-O (Ca(OH)_2). Puncak dengan intensitas tertinggi pada cangkang telur adalah pada bilangan gelombang 1400 cm^{-1} . Hal ini disebabkan karena keberadaan mineral karbonat dalam matriks cangkang telur. Adanya karbonat dan terbentuknya CaO dari cangkang telur membuktikan bahwa cangkang telur dapat dimanfaatkan sebagai katalis.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdillah F., & Hulupi M. (2020). Efektivitas Cangkang Telur untuk Menurunkan Bilangan Peroksida dan Asam Lemak Bebas pada Minyak Jelantah. *Fullerene Journal Of Chemistry*, 5(2), 109 – 116.
- Arita S., Attaso, & Septian R. (2013). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit dengan Katalis CaO yang Disinari dengan Gelombang Makro. *Jurnal Teknik Kimia*, 4(19).
- Arita S., Adelia S.A., & Sari D.P. (2014). Pembuatan Katalis Heterogen dari Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) dan Diaplikasikan pada

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian kepustakaan (*Library Research*) yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perubahan berat sampel disebabkan oleh pelepasan CO_2 dari senyawa CaCO_3 yang dipengaruhi oleh suhu kalsinasi. Semakin tinggi suhu kalsinasi, berat sampel semakin kecil karena semakin banyak CO_2 yang dilepaskan. Suhu kalsinasi terbaik untuk menghasilkan CaO adalah 900°C selama 2 jam. Semakin tinggi suhu maka lama waktu reaksi yang dibutuhkan semakin berkurang, begitu juga sebaliknya, semakin rendah suhu maka lama waktu reaksi yang dibutuhkan semakin bertambah. Hal ini dilihat berdasarkan hasil analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) yang menunjukkan bahwa adanya struktur kristal dalam komponen CaO pada suhu kalsinasi 900°C selama waktu 2 jam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih saya ucapkan kepada Allah SWT. Kedua orang tua saya, dosen pembimbing 1, dosen pembimbing 2, teman-teman seperjuangan saya serta kepada sumber kutipan yang saya gunakan sebagai sumber data dari artikel ini

Reaksi Transesterifikasi dari Crude Palm Oil. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(20).

Buasri A., Chaiyut N., Loryuenyong., Wongweang C., & Khamsrisuk S. (2013). Application of Eggshell Wastes as a Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production. *Sustainable Energy*, 1(2), 7-13.

Darwis Z., Afrizal., & Sriutami E. R. (2012). Optimasi Konsentrasi Katalis CaO dari Cangkang Telur Ayam Negeri dalam Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L*) sebagai

- Bahan Biodiesel. *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan*, 2(1).
- Enggawati E.R., & Ediati R. (2013). Pemanfaatan Kulit Telur Ayam dan Abu Layang Batubara sebagai Katalis Heterogen untuk Reaksi Transesterifikasi Minyak Nyamplung (*Callophyllum Inophyllum* Linn). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(1).
- Haryono, Natanael C. L., Rukiah., & Yulianti Y. B. (2018). Kalsium Oksida Mikropartikel dari Cangkang Telur sebagai Katalis pada Sintesis Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 8(1),8-15.
- Istadi. (2011). *Teknologi Katalis untuk Konversi Energi : Fundamental dan Aplikasi*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Mahreni & Sulistyawati E. (2011). Pemanfaatan Kulit Telur sebagai Katalis Biodiesel dari Minyak Sawit dan Metanol. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Mohamed O., Bensaheb F., Bano H., Behl S., & Jarrar M. (2015). Evaluating the Role of the Appropriate Catalyst on the Efficacy of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil. Review Article. *Scholar Academic Journal of Biosciences* (SAJB).
- Oko S., & Syahrir I. (2017). Pengaruh Penambahan Ammonium Karbonat pada Pembuatan Katalis CaO Superbasa dari Cangkang Telur Ayam. *Seminar Sains dan Teknologi*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah. Jakarta.
- Oko S., & Syahrir I. (2018). Sintesis Biodiesel dari Minyak Sawit menggunakan Katalis CaO Superbasa dari Pemanfaatan Limbah Cangkang telur Ayam. *Jurnal Teknologi*, 10(2).
- Oko S., & Feri M. (2019). Pengembangan Katalis CaO dari Cangkang Telur Ayam dengan Impregnasi KOH dan Aplikasinya terhadap Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak. *Jurnal Teknologi*, 11(2).
- Refaat A. A. (2011). Biodiesel Production Using Solid Metal Oxide Catalyst. *International Journal of Environment and Science Technology* 8.
- Setiadji S., Nila T. B., Sudiarti T., Prabowo E., & Bebeh W. N. (2017). Alternatif Pembuatan Biodiesel melalui Transesterifikasi Minyak Castor (*Ricinus Communis*) menggunakan Katalis Campuran Cangkang Telur Ayam dan Kaolin. *Jurnal Kimia VALENSI : Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 3(1), 1-10.
- Tahya K., Tahya C., & Kainama H. (2019). Transesterifikasi Minyak Ikan Perak (*Mene Maculata*) dengan Katalis CaO dari Cangkang Telur Ayam. *Indo. J. Chem. Res.* 7(1) 69 – 76.
- Taslim, Melia, dan Taruna N. (2016). Potensi Zeolit Alam dan CaO dari Cangkang Telur Ayam sebagai Katalis dalam Pembuatan Biodiesel dari Treated Waste Cooking Oil. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(4).
- Yusuf A. S., Adeniyi O. D., Olutoye M. A., & Akpan U. G. (2018). Development and Characterization of a Composite Anthill-Chicken Eggshell Catalyst for Biodiesel Production from Waste Frying Oil. *International Journal of Technology*, 1, 110-119.