

## Pembuatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Katalis Heterogen untuk produksi Biodisel

Vivi Sisca<sup>1\*</sup>, Jumriana Rahayuningsih<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup> Dosen Fakultas Tarbiyah Universitas Islam Kuantan Singingi

<sup>2</sup> Dosen Pendidikan Biologi Universitas Merangin

[Email: sisca\\_vivi@yahoo.com](mailto:sisca_vivi@yahoo.com)

---

### Abstrak

Limbah cangkang telur digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan katalis heterogen dalam produksi biodiesel. Sebelum digunakan, kandungan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dalam limbah cangkang telur dikonversi ke kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dengan kalsinasi pada 200-1000°C untuk 2 jam. Sifat fisikokimia katalis oksida padat dianalisis menggunakan difraksi sinar-X (XRD). Aktivitas katalitik dari katalis dalam transesterifikasi minyak sayur dengan metanol dievaluasi. Pengaruh jumlah katalis, perbandingan metanol:minyak, dan waktu suhu reaksi juga diselidiki. Limbah cangkang telur adalah sumber daya hayati untuk produksi katalis basa heterogen yang berhasil dimanfaatkan untuk sintesis biodiesel dengan kemurnian tinggi, hemat biaya dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Limbah cangkang telur, Katalis heterogen, Biodisel

### Abstrac

*Eggshell waste is used as raw material to manufacture heterogeneous catalysts in biodiesel production. Before use, the content of calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) in eggshell waste is converted to calcium oxide ( $\text{CaO}$ ) by calcination at 200-1000°C for 2 hours. The physicochemical properties of solid oxide catalysts were analyzed using X-ray diffraction (XRD). The catalytic activity of the catalyst in the transesterification of vegetable oil with methanol was also evaluated. Effects of reaction time, temperature, methanol: oil molar ratio, and catalyst amount were also investigated. Eggshell waste is a biological resource for producing heterogeneous base catalysts, successfully utilized to synthesize high-purity, cost-effective, and environmentally friendly Biodiesel.*

*Keywords: Eggshell waste, Heterogeneous catalyst, Biodiesel*

---

## PENDAHULUAN

Cadangan bahan bakar fosil akan habis jika digunakan dalam jumlah besar secara terus menerus. Selain itu emisi gas rumah kaca dengan penggunaan bahan bakar fosil juga menjadi perhatian yang lebih besar. Penelitian sekarang ini sedang diarahkan pada penggunaan bahan bakar alternatif terbarukan dan ramah lingkungan yang mampu memenuhi permintaan energi yang meningkat (Enggawati & Ediati, 2013).

Salah satu sumber energi ini adalah biomassa dan biofuel. Biofuel yang telah upayakan dalam beberapa tahun terakhir adalah biodiesel. Biodiesel merupakan alternatif terbarukan untuk minyak diesel yang bahannya ester monoalkil dari asam lemak, dan memiliki sifat fisik yang mirip dengan diesel minyak bumi. Keuntungan biodiesel antara lain terbarukan, biodegradable, dan rendah emisi gas beracun. Biodiesel umumnya diproduksi oleh transesterifikasi dari minyak nabati atau lemak

hewan dengan alkohol rantai pendek dengan adanya katalis (Mantovani & Kusmiyati, 2017). Jenis katalis, alkohol, dan konsentrasi digunakan dalam reaksi transesterifikasi secara signifikan mempengaruhi hasil produk bahan bakar (Moradi & Mohammadi, 2014). katalis homogen dan heterogen digunakan dalam produksi biodiesel (Suprpto et al., 2016).

Katalis konvensional untuk reaksi transesterifikasi ini adalah basa kuat homogen (seperti hidroksida logam alkali dan alkoksida) dan asam homogen (seperti  $H_2SO_4$ ). Namun, katalis basa umumnya merusak peralatan dan bereaksi dengan asam lemak bebas untuk membentuk sabun yang tidak diinginkan oleh produk sehingga memerlukan pemisahan mahal. Katalis asam homogen tidak tahan pada suhu tinggi dan sulit untuk di daur ulang, menimbulkan masalah lingkungan dan korosi. Oleh karena itu, pengembangan katalis Heterogen baru-baru ini menjadi perhatian peneliti di dunia karena pemisahan yang mudah dan kurangnya masalah korosi atau toksisitas (Mahreni & Endang Sulistyawati, 2011).

Katalis basa heterogen meliputi oksida logam alkali tanah seperti kalsium oksida ( $CaO$ ), magnesium oksida ( $MgO$ ) dan hidrotalcites. Di antara katalis heterogen, kalsium oksida ( $CaO$ ) menarik sebagai katalis heterogen karena kebasaaan yang tinggi dan kekuatan basa yang kuat, tidak beracun, dan kelarutan rendah dalam biodiesel. Selanjutnya, katalis  $CaO$  dapat disintesis dari bahan limbah alami, misalnya, kulit telur ayam, Kerang air tawar, Cangkang kepiting dan tiram, moluska, Turbonilastriatula, Cangkang kerang dan siput.

Cangkang telur merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan makanan dan pertanian (Katsiroh & Kusmiyati, 2017). Sebagian besar limbah cangkang telur umumnya dibuang di tempat sampah tanpa pengolahan lebih lanjut (Mantovani & Kusmiyati, 2017). Dalam beberapa tahun terakhir, telah dilakukan upaya untuk aplikasi cangkang telur sebagai produk bernilai tambah. Aplikasi cangkang telur diantaranya sebagai pengganti tulang (Noviyanti et al., 2017), bahan dasar biokeramik kalsium fosfat (misalnya, hidroksiapatit) (Mutmainnah, 2021), dan adsorben dengan biaya murah untuk menghilangkan polutan ionik (Maharani et al., 2018). Cangkang telur memiliki porositas sedikit lebih besar dan  $CaCO_3$  sebagai unsur penting. Komposisi kimia dari cangkang telur telah dilaporkan sebagai berikut: kalsium karbonat (94%), magnesium karbonat (1%), kalsium fosfat (1%) dan bahan organik (4%) (Katsiroh & Kusmiyati, 2017). Karena struktur dasar kulit telur yang keras, tingginya kandungan  $CaCO_3$  dan jumlah yang melimpah, memungkinkan untuk

mempersiapkan katalis heterogen dari cangkang telur. Biaya pembuatan katalis merupakan faktor penting dalam aplikasi industri. Produksi biodiesel memerlukan katalis yang efisien, murah dan ramah lingkungan, sehingga mengurangi harga dan membuatnya bersaing dengan bahan bakar lainnya (Solikhah et al., 2015).

Dalam penelitian ini, kami mengeksplorasi cangkang telur sebagai katalis dalam proses katalitik pada produksi biodiesel. Penggunaan cangkang telur meminimalkan kontaminan, mengurangi biaya produksi biodiesel dan membuat proses untuk menghasilkan biodiesel ramah lingkungan.

## **METODE**

### **Bahan**

Minyak sayur adalah bahan baku dalam penelitian ini yang diperoleh dari pasar lokal. Alkohol dengan kemurnian 99,8% dibeli dari SigmaAldrich. Cangkang telur dikumpulkan dari kafetaria sekitar universitas andalas.

### **Persiapan Katalis**

Kulit telur dicuci beberapa kali dengan aquadest agar mengurangi pengotor. Kemudian, kulit telur dikeringkan pada 100 °C selama 24 jam dalam oven. Cangkang telur yang sudah kering digerus, setelah itu dikalsinasi pada suhu yang berbeda (200°C-1000°C) selama 2 jam untuk mengubah dari CaCO<sub>3</sub> menjadi CaO (Wei et al., 2009).

### **Uji aktivitas katalitik**

Uji aktivitas katalitik dilakukan dengan menggunakan katalis dalam proses transesterifikasi dengan melihat pengaruh jumlah katalis, waktu reaksi, suhu reaksi, perbandingan metanol/Minyak. Proses transesterifikasi dilakukan di dalam labu leher tiga 500 mL yang dilengkapi dengan kondensor dan pengaduk magnet. Katalis ditambahkan dengan variasi (10-30%). Setelah itu, perbandingan metanol dan minyak dicampur dengan variasi metanol/minyak (6:1-18:1) dengan kecepatan 850 rpm, selama (1-5 jam), pada kisaran suhu (50-70 °C). Minyak yang digunakan adalah minyak sayur yang dipanaskan hingga 50°C. Setelah proses transesterifikasi selesai biodiesel kemudian dipisahkan dari gliserol menggunakan corong pisah. Setiap hasil yang diperoleh dianalisis menggunakan GC-MS untuk menentukan jumlah senyawa metil ester. Hasil Biodiesel dihitung dengan Persamaan (1)

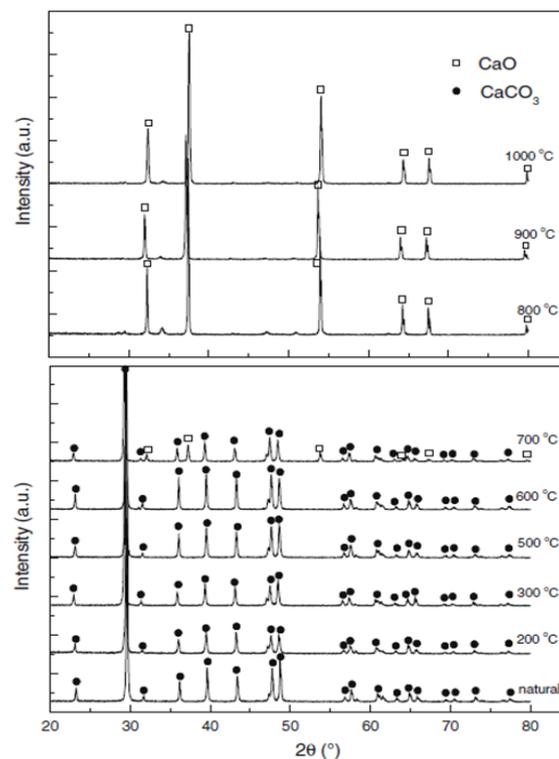
$$Yield(\%) = \frac{m_i A_b}{A_i m_b} \times 100 \quad (1)$$

dimana  $m_i$  adalah massa standar internal yang ditambahkan ke sampel,  $A_i$  adalah daerah puncak standar internal  $m_b$  adalah massa sampel biodiesel dan  $A_b$  adalah daerah puncak dari sampel biodiesel (Suprpto et al., 2016).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh suhu kalsinasi

Untuk menentukan pengaruh suhu kalsinasi, cangkang telur dikalsinasi pada temperatur yang berbeda antara 200°C hingga 1000 °C dan hasil terbaik kemudian diuji pada transesterifikasi minyak sayur untuk menghasilkan biodiesel.



Gambar 1 hasil analisa XRD cangkang telur ayam

Hasil Analisa XRD pada gambar 1 menunjukkan bahwa sampel kulit telur dikalsinasi di atas 800 °C adalah katalis yang paling aktif. Gambar. 1 menunjukkan bahwa kinerja terbaik pada kalsinasi 900 °C selama 4 jam. penelitian serupa menunjukkan bahwa suhu kalsinasi terbaik berada di kisaran 800-900 °C. (Prasetyo, 2021) menemukan bahwa efisiensi terbaik pada kalsinasi 800 °C selama 24 jam untuk menghasilkan

biodiesel dari minyak jelantah dan kulit telur. (Katsiroh & Kusmiyati, 2017) menyelidiki modifikasi kulit telur dan penggunaannya dalam produksi biodiesel. Mereka melakukan percobaan untuk melihat suhu kalsinasi yang paling tepat, dan dilaporkan pada kondisi 900 °C dan 2,5 jam. (Mantovani & Kusmiyati, 2017) menyatakan bahwa mereka memperoleh hasil yang optimal dalam 2 jam waktu kalsinasi dan pada 1000 suhu ° C dalam studi mereka dari cangkang telur dikalsinasi sebagai katalis potensial dalam mengkonversi limbah minyak goreng menjadi biodiesel.

### **Aktifitas katalitik**

Aktifitas katalitik dilakukan dengan menggunakan katalis dalam proses transesterifikasi dengan melihat pengaruh jumlah katalis, perbandingan metanol/Minyak, waktu dan suhu reaksi,. Variabel reaksi dikaitkan dengan jenis katalis yang digunakan (Suryandari et al., 2021). Oleh karena itu, pengaruh variabel reaksi dipelajari dengan adanya katalis yang berasal dari cangkang telur. Untuk melihat aktifitas disiapkan kalsinasi cangkang telur pada 950°C selama 2 jam.

### **Pengaruh Jumlah katalis**

Pengaruh jumlah katalis memiliki dampak yang signifikan dalam reaksi transesterifikasi. Efek massa katalis dipelajari dengan memvariasikan jumlah katalis yang masukkan ke dalam reaksi transesterifikasi sehubungan dengan massa minyak yang digunakan dalam reaksi. Tabel 1 menunjukkan hasil metil ester menggunakan persentase berat yang berbeda dari katalis. Laju kenaikan reaksi dengan massa katalis hingga maksimal 20 % dan kemudian menurun dengan pemuatan yang lebih tinggi 25 dan 30 %. Hal ini disebabkan peningkatan resistensi perpindahan massa dalam fase multi- system (cair-cair-padat) (Roschat et al., 2019)

Tabel 1. Tabel pengaruh jumlah katalis

No	Variasi (%)	Hasil Biodisel (%)
1	10	72
2	15	84
3	20	95
4	25	88
5	30	82

### **Perbandingan metanol:minyak**

Hasil Biodisel meningkat secara signifikan ketika perbandingan metanol : minyak divariasikan 6-18 (Tabel 2). Tingginya jumlah metanol mendorong pembentukan metoksi pada permukaan CaO, yang mengarah ke pergeseran kesetimbangan ke arah depan, sehingga meningkatkan hasil biodisel hingga 95%. Namun, kenaikan lebih lanjut dalam rasio molar metanol : minyak, tidak mendorong reaksi. Hal ini menjelaskan bahwa gliserol sebagian besar akan larut dalam metanol yang berlebihan dan selanjutnya menghambat reaksi metanol dengan reaktan dan katalis, sehingga mengganggu pemisahan gliserin, yang pada akhirnya menurunkan hasil biodisel dengan menggeser kesetimbangan ke arah sebaliknya (Katsiroh & Kusmiyati, 2017). Oleh karena itu, perbandingan metanol ; Minyak optimum pada 9:1 yang menghasilkan biodisel 95%

Tabel 2. Pengaruh rasio molar metanol:minyak

No	Variasi	Hasil Biodisel (%)
1	6:1	75
2	9:1	95
3	12:1	94
4	15:1	92
5	18:1	91

### **Pengaruh waktu**

waktu reaksi merupakan salah satu parameter selama reaksi transesterifikasi. Tabel 3 menunjukkan peningkatan secara bertahap dalam hasil biodisel dengan waktu dari 1 sampai 5 jam. Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan jumlah katalis 20% rasio molar metanol:minyak 9:1. Hasil biodisel maksimum diperoleh sebanyak 95% selama 4jam pada 60°C. Pada tahap reaksi transesterifikasi, produksi metil ester cepat, dan laju berkurang dan akhirnya mencapai kesetimbangan(Putri et al., 2015) di sekitar 4jam. Hal ini dapat dijelaskan pada transesterifikasi reaksi antara minyak dan alkohol adalah reversibel, ketika waktu reaksi cukup panjang (Mutmainnah, 2021).

Tabel 3. Pengaruh waktu

No	Variasi (Jam)	Hasil Biodisel (%)
1	1	63
2	2	75
3	3	85
4	4	95
5	5	93

### **Pengaruh Suhu**

Pengaruh suhu termasuk parameter dalam proses reaksi transesterifikasi yang dilakukan selama 4 jam. Tabel 4 menunjukkan bahwa peningkatan suhu reaksi menyebabkan hasil yang lebih tinggi. Pada awal reaksi hasil Biodisel meningkat karena reaktan berhubungan dengan katalisator segar, kemudian hasil menurun karena katalis mengalami penurunan kinerja tapi masih tetap stabil, dan perubahan mencapai keadaan stabil di semua temperatur (Zango et al., 2019). Pada 65°C diperoleh hasil biodisel tertinggi sebesar 95%. Ketika reaksi dilakukan di atas titik didih metanol, pelarut menguap dan menyebabkan pengurangan metanol di media reaksi (Prasetyo, 2021).

Tabel 4. Pengaruh suhu

No	Variasi (°C)	Hasil Biodisel (%)
1	50	78
2	55	82
3	60	88
4	65	95
5	70	92

### **KESIMPULAN**

Menggunakan katalis yang berasal dari cangkang telur murah dan ramah lingkungan dalam produksi biodisel. Cangkang telur yang tinggi  $\text{CaCO}_3$  di ubah menjadi  $\text{CaO}$  setelah dikalsinasi pada suhu  $900^\circ\text{C}$  selama 2 jam.  $\text{CaO}$  digunakan sebagai katalis dalam proses transesterifikasi minyak sayur untuk menghasilkan biodisel. Kondisi optimal pada jumlah katalis 20%, perbandingan metanol dan minyak (9:1), selama 4 jam pada suhu  $65^\circ\text{C}$  dengan hasil biodisel 95%. Hasil percobaan menunjukkan bahwa katalis  $\text{CaO}$  memiliki aktifitas yang sangat baik selama transesterifikasi.

## DAFTAR REFERENSI

- Enggawati, E.R. & Ediati, R. 2013. Pemanfaatan kulit telur ayam dan abu layang batubara sebagai katalis heterogen untuk reaksi transesterifikasi minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* Linn). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2(1): C1-C6.
- Katsiroh, F. & Kusmiyati, S.T. 2017. Pengaruh Rasio Molar Minyak Metanol terhadap Konversi Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Modifikasi Preparasi Katalis  $\text{CaO}$  Kulit Telur.
- Maharani, V., Kuntjoro, S. & Indah, N. 2018. Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Ayam Sebagai Adsorben Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo. *LenteraBio Berk. Ilm. Biol*, 7(1).
- Mahreni, M. & Endang Sulistyawati, S. 2011. Pemanfaatan Kulit Telur sebagai Katalis Biodisel dari Minyak Sawit dan Metanol. En *SEMINAR REKAYASA KIMIA DAN PROSES, 26 Juli 2011*. JURUSAN TEKNIK KIMIA, FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO, SEMARANG: C-09.
- Mantovani, S.A. & Kusmiyati, S.T. 2017. Pengaruh Jumlah Katalis dan Waktu Reaksi Terhadap Konversi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis  $\text{CaO}$  dari Kulit Telur.
- Moradi, G. & Mohammadi, F. 2014. Utilization of waste coral for biodiesel production via transesterification of soybean oil. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(3): 805-812.
- Mutmainnah, M. 2021. SINTESIS HIDROKSIAPATIT DARI CANGKANG TELUR BEBEK DENGAN METODE PRESIPITASI UNTUK APLIKASI BIOKERAMIK= Synthesis of hydroxyapatite from duck egg shells with precipitation method for bioceramics applications.
- Noviyanti, A.R., Haryono, H., Pandu, R. & Eddy, D.R. 2017. Cangkang telur ayam

- sebagai sumber kalsium dalam pembuatan hidroksiapatit untuk aplikasi graft tulang. *Chimica et Natura Acta*, 5(3): 107-111.
- Petrus, B., Sembiring, A.P. & Suriani, M. 2015. Pemanfaatan Abu Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Katalis Dalam Pembuatan Metil Ester Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Kimia USU* *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(2): 13-19.
- Prasetyo, D.G. 2021. Review Artikel KATALIS KALSIUM OKSIDA (CaO) BERBASIS BIO UNTUK PRODUKSI BIODIESEL. *KINETIKA*, 12(3): 56-60.
- Putri, F.D., Helwani, Z. & Drastinawati, D. 2015. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit Off-Grade Menggunakan Katalis CaO Melalui Proses Dua Tahap. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 10(3).
- Roschat, W., Phewphong, S. & Moonsin, P. 2019. The Kinetic Study of Transesterification Reaction for Biodiesel Production Catalyzed by CaO Derived from Eggshells. , 8: 358-364.
- Solikhah, M.D., Pratiwi, F.T. & Diaztuti, M.D. 2015. Penentuan Metode Analisis Komposisi Asam Lemak Dan Metil Ester Pada Biodiesel Dengan Gc-Ms Tanpa Metilasi. *Prosiding Semnastek*, 0(0): 1-6.
- Suprpto, Fauziah, T.R., Sangi, M.S., Oetami, T.P., Qoniah, I. & Prasetyoko, D. 2016. Calcium oxide from limestone as solid base catalyst in transesterification of Reutealis trisperma oil. *Indonesian Journal of Chemistry*, 16(2): 208-213.
- Suryandari, A.S., Ardiansyah, Z.R., Putri, V.N.A., Arfiansyah, I., Mustain, A., Dewajani, H. & Mufid, M. 2021. Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis Heterogen CaO dari Limbah Cangkang Telur. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, 5(1): 22-27.
- Wei, Z., Xu, C. & Li, B. 2009. Application of waste eggshell as low-cost solid catalyst for biodiesel production. *Bioresource Technology*, 100(11): 2883-2885. 10.1016/j.biortech.2008.12.039.
- Zango, Z.U., Kadir, H.A., Imam, S.S., Muhammad, A.I. & Abu, I.G. 2019. Optimization Studies for Catalytic Conversion of Waste Vegetable Oil to Biodiesel. *American Journal of Chemistry*, 9(April): 27-32.

