



## Original Article

## Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas dengan Memanfaatkan Limbah Cangkang Telur Bebek sebagai Katalis CaO

I. Y. P. Wiyata\*, R. TD. W. Broto

Industrial Chemical Engineering, Vocational School, Diponegoro University, Indonesia

---

**Article Info**

Keywords:  
Biodiesel, Used Cooking Oil,  
Duck Egg Shell,  
Esterification,  
Transesterification.

Received 09 Juni 2021

Accepted 14 Juni 2021

Available online 15 Juni 2021

---

**A B S T R A C T**

[Title: Application Study in Biodiesel Manufacturing Used Cooking Oil With Utilizing Duck Egg Shell Waste as CaO Catalyst to produce biodiesel from vegetable oil waste is motivated by the fact that the existing energy reserves are decreasing from time to time. Biodiesel is an alternative fuel, make from vagatable oil, animal fat, waste oil, and others. Through the process of esterification and transesterification by changing the catalyst concentration 2% and 4% CaO, working temperature 50°C and 60°C. The operating time is 110 minutes. The purpose of this research is to determine the best treatment method for the transesterification reaction, and to use a factorial analysisismethod of 2 level 3 variable design to determine the main effect that has the greatest impact. In this study, the best transesterification condition was the eighth variable, the addition of 4% CaO (w/w), esterification time of 130 minuted and operating temperature of 60°C. The biodiesel characteristics obtained were viscosity value 3.8246 cSt, density 864,8 kg/m<sup>3</sup>, %yield was 81,4% and the cetane number was 38,0. The main effect that the most influential is % catalyst.

© 2021 JPV: Jurnal Pengabdian Vokasi Universitas Diponegoro

---

**1. Pendahuluan**

Saat ini persediaan mengenai minyak bumi sudah semakin sedikit di Indonesia, dengan terus bertambahnya penduduk yang memilih kendaraan bermotor sebagai alat transportasi karena dianggap dapat lebih mempersingkat waktu dalam perjalanan, mengakibatkan peningkatan secara terus-menerus akan produksi bahan bakar dari minyak bumi. Minyak bumi merupakan sumber energi yang tak terbarukan, butuh waktu sangat lama untuk mengkonversi bahan baku minyak bumi menjadi minyak bumi (Darmawan & Susila, 2013).

Salah satu dampak dari penggunaan minyak kelapa sawit yang berlebihan adalah dihasilkan limbah minyak kelapa sawit (minyak jelantah). Dalam mengatasi permasalahan tersebut diperlukan usaha untuk mengubah minyak jelantah menjadi suatu produk yang bernilai lebih, seperti biodiesel (Efendi, Faiz, & Firdaus, 2018). Diharapkan bahan bakar alternative ini dapat mencegah atau mengurangi

kemungkinan buruk yang akan terjadi. Minyak jelantah memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan menjadi bahan bakar biodiesel karena memiliki asam lemak yang tinggi (Hamsyah Adhari, Yusnimar, 2016). Umumnya minyak goreng memiliki kandungan asam lemak yang tinggi, oleh karena itu transesterifikasi dengan bantuan katalis basa NaOH atau KOH tidak tepat. Alternatif katalis lain adalah basa padat, salah satunya CaO. Kelebihan dari CaO yaitu lebih ekonomis dan juga memiliki tingkat kelarutan yang rendah dalam methanol (Hidayati et al., 2017).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari sumber terbarukan (renewable), untuk mesin diesel. Negara Indonesia adalah negara dengan sumber daya alam yang melimpah, sehingga sumber minyak nabati yang melimpah pun dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pada pembuatan biodiesel. Minyak goreng bekas merupakan salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk pembuatan biodiesel karena masih mengandung asam lemak bebas (Darmawan & Susila, 2013).

Pada proses pembuatan biodiesel ini dilakukan dengan menggunakan katalis seperti CaO,

\* Corresponding author:

E-mail addresses: inkeyolanda@yahoo.com

katalis ini termasuk basa heterogen. Proses pembuatan biodiesel ini menggunakan katalis cangkang telur bebek yang banyak kita jumpai dan sering kali dianggap sebagai limbah. Namun sebenarnya cangkang telur bebek ini mengandung senyawa kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) sebanyak 94%, Magnesium Karbonat (MgCO<sub>3</sub>) sebanyak 1%, Kalsium Fosfat (CaPO<sub>4</sub>) sebanyak 1% serta bahan organik sebanyak 4%, cangkang telur juga mempunyai struktur selulosa dan mengandung asam amino (Turnip et al., 2017). Pada proses pembuatan biodiesel yang menggunakan katalis CaO ini dapat dibuat dengan proses kalsinasi CaCO<sub>3</sub> sehingga CaO yang didapatkan akan mempunyai tingkat kemurnian cukup tinggi.

**2. Metodologi**

**2.1 Bahan**

Bahan utama yang digunakan untuk membuat biodiesel adalah minyak goreng bekas/minyak jelantah. Sedangkan bahan pembantunya adalah Cangkang Telur Bebek sebagai katalis CaO, Methanol, Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), KOH, Indikator Fenolftalein (PP), dan Aquadest.

**2.2 Alat**

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Labu Leher Tiga, Magnetic Stirrer, Hot Plate, Pendingin Balik, Klem Statif, Thermometer, Selang, Grinder, Furnace, Oven, Piknometer, Viskosimeter Ostwald, Buret, Erlenmeyer.

**2.3 Metode**

Pada penelitian ini menggunakan metode transesterifikasi dengan proses awal pretreatment bahan baku berupa kalsinasi katalis CaO, esterifikasi, dan transesterifikasi.

**2.3.1. Variabel Tetap**

Variabel tetap yang digunakan adalah suhu kalsinasi (900 °C), waktu kalsinasi (4 jam), suhu esterifikasi (60 °C), kecepatan pengadukan (300 rpm), waktu esterifikasi (60 menit), volume methanol esterifikasi (20% v/v), asam sulfat (5% v/v), dan volume methanol transesterifikasi (40 % v/v).

**2.3.2. Variabel Bebas**

Variabel bebas yang digunakan adalah waktu transesterifikasi (110 dan 130 menit), suhu transesterifikasi (50 dan 60 °C), dan konsentrasi katalis CaO (2% dan 4% m/v).

**2.3.3. Proses Penelitian**

Proses penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1. Sampel dianalisis untuk menentukan nilai densitas, viskositas, rendemen, FFA, dan angka setana.

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1 Kalsinasi Katalis**

Kalsinasi katalis CaO dilakukan pada suhu 900°C di Gedung Laboratorium Obat Alam Universitas Diponegoro dan berlangsung selama 4

jam. Kalsinasi katalis CaO menunjukkan pembentukan CaO telah mengalami pengurangan berat hal ini dikarenakan gas CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan dari proses dekomposisi termal CaCO<sub>3</sub> menjadi CaO, dimana gas CO<sub>2</sub> merupakan produk lain dari proses dekomposisi tersebut. Jika dibandingkan dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya (Haryono et al., 2018), cangkang telur dikeringkan dengan suhu 105°C selama 2 jam di dalam oven. Kemudian kalsinasi dilakukan pada suhu 900°C selama 8 jam. Penelitian telah saya lakukan pada proses kalsinasi katalis ini sama dengan metode dilakukan sebelumnya (Umei Latifah, 2021), yaitu kalsinasi katalis CaO dilakukan menggunakan furnace 900°C selama 4 jam. Hanya saja berbeda pada bahan utama, dimana penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya yaitu memakai cangkang kerang dara. Pembentukan CaO ditandai dari hasil dekomposisi thermal CaCO<sub>3</sub> pada cangkang telur bebek yang ditandai dengan penurunan berat materi di akhir reaksi sebagai akibat dilepaskannya gas CO<sub>2</sub> yang merupakan produk lain dari dekomposisi tersebut.

Table 1. Rancangan Desain Penelitian

Run	Variabel			Analisa rendemen
	t (menit)	s (°C)	k (%)	
1	110	50	2	v
2	130	50	2	v
3	110	60	2	v
4	130	60	2	v
5	110	60	4	v
6	130	50	4	v
7	110	60	4	v
8	130	60	4	v

\*t : waktu transesterifikasi

\*s : suhu transesterifikasi

\*k : konsentrasi katalis CaO

**3.2 Esterifikasi Biodiesel**

Pada table 2 mencantumkan karakteristik minyak nabati yang digunakan sebelum proses Esterifikasi.

Table 2. Sebelum Esterifikasi

Karakteristik	Satuan	Jumlah
Densitas	Kg/m <sup>3</sup>	904,8
Viskositas	cSt	35,63
FFA	%	4,6

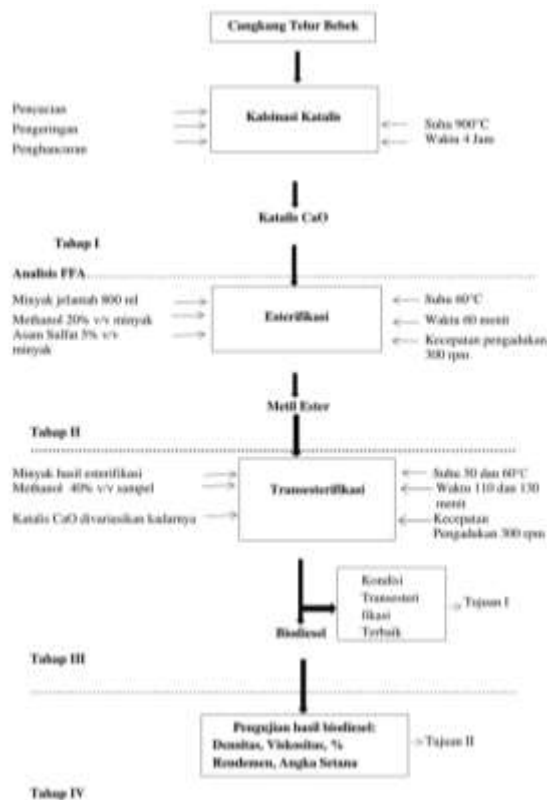
Jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Umei Latifah, 2021) dimana data karakteristik pada perlakuan sebelum esterifikasi didapatkan hasil densitas sebesar 907,6 Kg/m<sup>3</sup>, viskositas sebesar 37,87 cSt, dan FFA 4,17%. Saat katalis CaO ditambahkan, kandungan FFA yang tinggi akan membentuk sabun selama proses transesterifikasi. Oleh karena itu, proses esterifikasi terlebih dahulu harus dilakukan untuk menggunakan katalis asam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk menurunkan kadar FFA

pada minyak nabati bekas. Karakteristik setelah proses esterifikasi dapat terlihat pada table 3.

Table 3. Setelah Esterifikasi

Karakteristik	Satuan	Jumlah
Densitas	Kg/m <sup>3</sup>	809,8
Viskositas	cSt	32,87
FFA	%	2,25

Dimana kandungan FFA minyak setelah esterifikasi menurun dari 4,6% menjadi 2,25%. Jika dibandingkan penelitian sebelumnya (Umei Latifah, 2021), data karakteristik setelah esterifikasi menunjukkan penurunan dimana kadar FFA dari 4,17% menjadi 2,37%. Penurunan tersebut disebabkan karena proses esterifikasi yang menyebabkan asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak dan methanol bereaksi dengan bantuan katalis asam. Minyak hasil esterifikasi kemudian dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu tahap transesterifikasi.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3.3 Transesterifikasi Biodiesel

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4, pada tahap transesterifikasi, suhu, waktu dan konsentrasi katalis CaO diubah untuk mencapai respons % rendemen.

Perlakuan terbaik dipilih berdasarkan nilai efektivitas tinggi yang dihasilkan menggunakan masing-masing parameter dengan bobot nilai prioritas yang berbeda. Bobot nilai parameter yang ditentukan pada tahap transesterifikasi ini adalah % rendemen. Berdasarkan nilai indeks efektivitas yang dihitung, efek perlakuan terbaik dapat diperoleh antara penambahan katalis CaO 4% (b / b) dengan waktu transesterifikasi 60 menit dan suhu 130°C.

Karakteristik yang dihasilkan dari perlakuan ini telah memenuhi baku mutu biodiesel berdasarkan SNI dan ASTM, dan nilai viskositasnya adalah 3,824 cSt, densitas 864,8 kg/m<sup>3</sup>, % rendemen 81,4%, dan angka setana diperoleh senilai 38. Sehingga perlakuan tersebut ditetapkan sebagai perlakuan terbaik pada penelitian ini. Seperti yang terlihat pada Tabel 5.

Table 4. Data Uji Transesterifikasi

No	Variabel			Analisa
	t (menit)	s (°C)	k (%)	
1	110	50	2	70,6
2	130	50	2	72,5
3	110	60	2	73,9
4	130	60	2	74,3
5	110	60	4	76,7
6	130	50	4	77,4
7	110	60	4	79,0
8	130	60	4	81,4

Table 5. Karakteristik Hasil Terbaik

Karakteristik	Satuan	Jumlah
Densitas	kg/m <sup>3</sup>	864,8
Viskositas	cSt	3,824
Rendemen	%	81,4
Angka Setana		38

Variabel kedelapan ditetapkan sebagai metode perlakuan terbaik dalam penelitian ini. Sedangkan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Umei Latifah, 2021), didapatkan hasil perlakuan terbaik pada variabel ke-8 dengan interaksi penambahan jumlah katalis CaO 4% (m/v) dan lama waktu transesterifikasi 70 menit, serta suhu operasi 70°C. Karena konsentrasi katalis dalam larutan besar, energi aktivasi reaksi lebih kecil sehingga membentuk lebih banyak produk.

### 3.4 Analisis dan Pengujian Biodiesel

Biodiesel hasil reaksi transesterifikasi memiliki tiga variabel yaitu suhu, waktu dan kadar katalis CaO. Selain itu, biodiesel diuji dalam hal viskositas, densitas, viskositas, % rendemen, dan angka setana.

#### 3.4.1 Densitas

Nilai densitas biodiesel yang diperoleh dari ke-8 variabel tersebut disajikan dalam tabel 6.

Table 6. Densitas Biodiesel

Run	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	SNI (kg/m <sup>3</sup> )
1	895,6	
2	893,2	
3	891,6	
4	889,6	850-890
5	869,6	
6	868,0	
7	866,8	
8	864,8	

Sebagian besar nilai densitas pada percobaan 1 hingga percobaan ke-3 tidak memenuhi syarat SNI, hal ini dikarenakan pada saat proses pencucian kurang maksimal sehingga berdampak pada adanya kandungan air yang terikat dengan metil ester yang mengakibatkan sulitnya terpisah. Pada sebagian besar nilai densitas biodiesel yang diperoleh telah memenuhi syarat SNI 7182:2015 yakni berkisar antara 850-890 kg/m<sup>3</sup>. Tinggi densitas maksimum pencapaian SNI diperoleh pada percobaan ke-4 yaitu mencapai 889,6 kg/m<sup>3</sup>.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Umei Latifah, 2021), didapat nilai densitas yang sesuai dengan SNI yaitu 888,2 kg/m<sup>3</sup>. Penyebab terjadinya perbedaan penelitian saya dengan penelitian sebelumnya yaitu karena bahan baku dan kondisi operasi yang berbeda.

Densitas yang didapat telah sesuai dengan teori yaitu dimana semakin lama waktu dan semakin besar suhu yang digunakan, partikel reaktan akan bergerak lebih cepat maka dapat menyebabkan intensitas tumbukan antar partikel akan lebih intens dan semakin efektif sehingga menurunkan nilai kekentalan pada biodiesel. Nilai densitas biodiesel sangat ditentukan oleh kemurnian komponen metil ester dalam biodiesel.

**3.4.2 Viskositas**

Nilai viskositas biodiesel yang diperoleh dari ke-8 variabel tersebut disajikan dalam tabel 7.

Table 7. Hasil Viskositas Biodiesel

Run	Viskositas (cSt)	SNI (cSt)
1	6,5719	
2	6,4599	
3	5,1235	
4	4,9805	2,3-6,0
5	4,825	
6	4,6028	
7	4,1936	
8	3,8246	

Sebagian besar dari nilai viskositas biodiesel telah memenuhi syarat SNI - 7185:2015 sebesar 2,3-6,0 cSt. Namun pada percobaan ke-1 dan percobaan ke-2 didapatkan nilai viskositas yang melebihi nilai SNI. Pada percobaan ke-3 mencapai angka tertinggi SNI yaitu 5,1235 cSt. Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Umei Latifah, 2021), nilai viskositas biodiesel telah mencapai tinggi SNI yaitu 5,9085 cSt. Adanya perbedaan antara penelitian saya dengan penelitian sebelumnya disebabkan karena perbedaan bahan baku dan juga kondisi operasi.

Nilai viskositas diatas terlihat bahwa telah memenuhi teori yang telah ada yaitu berbanding lurus dengan nilai densitas. Dimana semakin rendah nilai kekentalan minyak yang diuji maka nilai viskositasnya juga menurun. Hal ini karena tumbukan partikel yang semakin intens seiring dengan naiknya suhu dan lamanya waktu proses. Semakin lama reaksi

berlangsung maka semakin banyak pula asam lemak yang akan dikonversi menjadi metil ester (Biodiesel) sehingga kadar gliserol maupun sisa trigliserida dalam biodiesel semakin berkurang.

Semakin tinggi konsentrasi katalis, viskositasnya cenderung akan terus menurun karena semakin banyak persen katalis yang diberikan akan semakin cepat pula terpecahnya trigliserida menjadi tiga ester asam lemak yang akan menurunkan viskositas 5-10%.

**3.4.3 Rendemen**

Nilai rendemen biodiesel yang diperoleh dari ke-8 variabel tersebut disajikan dalam tabel 8.

Table 8. Hasil Rendemen Biodiesel

Percobaan	%rendemen
1	70,8
2	70,3
3	72,7
4	73,5
5	74,4
6	75,9
7	78,3
8	79,4

Dari proses Transesterifikasi yang telah dilakukan diatas, terlihat bahwa %rendemen yang didapat semakin naik Dimana konsentrasi katalis CaO pada % b/b dari 2% dan 4% mengalami peningkatan yield biodiesel. Dari teori yang telah ada disebutkan bahwa semakin lama waktu transesterifikasi maka semakin besar pula rendemen biodiesel yang akan didapat. Hal ini dikarenakan fungsi katalis yaitu menurunkan energi aktivasi. Dimana semakin besar konsentrasi katalis dalam suatu larutan, maka energi aktivasi suatu reaksi akan semakin kecil sehingga produk akan semakin banyak terbentuk. Jika konsentrasi suatu katalis terus meningkat maka akan menyebabkan yeild biodiesel juga meningkat.

Pada konsentrasi katalis 4% adalah kondisi terbaik yang menghasilkan yield biodiesel maksimal yaitu sebesar 81,4%. Sedangkan jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Umei Latifah, 2021), pada konsentrasi katalis 4% adalah kondisi terbaik yang menghasilkan yield biodiesel maksimal sebesar 78,1%. Bila konsentrasi katalis CaO ini terus ditingkatkan hingga 4,5% yield, maka yang terbentuk justru semakin menurun. Hal ini dikarenakan jika penambahan konsentrasi katalis yang berlebihan, maka akan mendorong terjadinya suatu reaksi yang membentuk sabun. Fakta ini terjadi ketika proses pencucian produk, adanya sabun akan menghasilkan emulsi berwarna putih. Dimana semakin besar konsentrasi katalis CaO yang digunakan, maka jumlah sabun yang dihasilkan juga akan semakin banyak. Semakin banyak sabun yang terbentuk, berarti jumlah minyak yang menjadi sabun semakin banyak. Semakin banyak minyak yang menjadi sabun berarti semakin sedikit minyak yang



dikonversi menjadi biodiesel, sehingga yield biodiesel menjadi menurun.

### 3.4.4 Angka Setana



Gambar 2. Hasil Angka Setana

Angka setana yang didapat pada biodiesel minyak jelantah hasil transesterifikasi yaitu sebesar 38. Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Umei Latifah, 2021) juga melakukan uji Angka Setana, dimana pada biodiesel minyak jelantah variabel terbaik sebesar 39. Maka dari segi angka setana, mutu biodiesel masih sama-sama dibawah standar SNI – 7182 : 2015 yaitu sebesar 51. Penyebab terjadinya perbedaan antara penelitian saya dengan penelitian sebelumnya yaitu karena bahan baku dan juga kondisi operasi yang juga berbeda. Rendahnya angka setana yang didapat, berkaitan dengan %FFA minyak jelantah setelah dilakukan tahap esterifikasi. Dimana %FAA tersebut masih sebesar 2,25 %. Namun seharusnya, agar dapat masuk ke tahap transesterifikasi, syarat %FFA adalah <2%. Sehingga, dengan tingginya kadar FFA ini maka menyebabkan angka setana rendah karena masih terkandung jumlah asam lemak yang tinggi yang mengakibatkan angka pembakaran juga rendah.

Jika angka setana pada bahan bakar rendah dapat menyebabkan mesin diesel berjalan lamban dan membuat mesin sulit untuk dinyalakan, selain itu juga memiliki emisi yang lebih tinggi akibat pembakaran yang tidak efisien. Maka sebaliknya jika angka setana pada bahan bakar tinggi, maka akan menyala lebih cepat serta melakukan proses pembakaran yang lebih efisien, yang dapat mengakibatkan peningkatkan tenaga mesin. Mesin diesel akan mencapai pembakaran efisien saat menggunakan bahan bakar dengan angka cetane sekitar 55.

### 3.5 Analisis Faktorial Design

Diperlukan analisis factorial design untuk dapat menentukan pengaruh utama terhadap penelitian dari variable-variabel yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini digunakan metode factorial design 2 level 3 variabel yang memiliki perubahan temperature operasi, waktu operasi, dan level katalis yang digunakan. Respon yang didapat adalah densitas, viskositas, dan juga %rendemen.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa: Cangkang telur bebek

dapat digunakan sebagai pengganti katalis basa heterogen, dan biodiesel dapat diproduksi dengan kalsinasi pada suhu 900°C selama 4 jam. Mendapatkan kondisi transesterifikasi terbaik pada variabel ke-8, dan menambahkan katalis CaO 4% (m / v), waktu transesterifikasi 70 menit, temperatur operasi 70°C sehingga diperoleh rendemen tertinggi yaitu sebesar 78,1%. Efek utama yang paling berpengaruh dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu konsentrasi katalis. Hal ini didapatkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode factorial design 2 level 3 variabel.

### Daftar Pustaka

- Aribowo, W., Nugroho, A., & Istadi, I. (2019). Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Kedelai Menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis Padat Ramah Lingkungan K<sub>2</sub>O/CaO- ZnO. *Teknik*, 40(3), 136. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/view/24080/16573>
- Bayu, I., Azizah, P. A. N., Nurwijayanti, M., & Aditama, B. K. (2019). (PDF) *Jurnal Review: Transesterifikasi Minyak Croton megalocarpus pada Produksi Biodiesel dengan Variasi Katalis Asam Heterogen*. [https://www.researchgate.net/publication/333951074\\_Jurnal\\_Review\\_Transesterifikasi\\_Minyak\\_Croton\\_megalocarpus\\_pada\\_Produksi\\_Biodiesel\\_dengan\\_Variasi\\_Katalis\\_Asam\\_Heterogen](https://www.researchgate.net/publication/333951074_Jurnal_Review_Transesterifikasi_Minyak_Croton_megalocarpus_pada_Produksi_Biodiesel_dengan_Variasi_Katalis_Asam_Heterogen)
- Darmawan, F. I., & Susila, I. W. (2013). Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem. *Jurnal Teknik Mesin*, 02(01), 80–87.
- Efendi, R., Faiz, H. A. N., & Firdaus, E. R. (2018). Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasi-Transesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah. *Industrial Research*, (7182), 402–409.
- Hamsyah Adhari, Yusnimar, S. P. U. (2016). Pemanfaatan Minyak Jelantah menjadi Biodiesel dengan Katalis ZnO Presipitan Zinc Karbonat : Pengaruh Waktu Reaksi dan Jumlah Katalis. 3(2), 1–7.
- Hartono Fitri; M. Karina, Merin, R. A. P. (2014). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Kepuh (*Sterculia Foetida L.*) dengan Proses Transesterifikasi. *Teknika*, Vol 10, No 1 (2014): Juli, 9–18. <http://teknika.untirta.ac.id/index.php/tk/article/view/66>
- Haryono, Natanael, L. C., 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*, 08(01), 8–15.
- Hidayati, N., Ariyanto, T. S., & Septiawan, H. (2017). Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas menjadi Biodiesel dengan Katalis Kalsium Oksida. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1),

- 1–5.  
<http://journals.ums.ac.id/index.php/jtba/article/view/JTBA-0001>
- Joelianingsih, J., Tambunan, A., Nabetani, H., Sagara, Y., & Abdullah, K. (2006). Perkembangan Proses Pembuatan Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Nabati (Bbn). In *Jurnal Keteknik Pertanian* (Vol. 20, Issue 3, p. 21833).
- Malau, N. D., & Adinugraha, F. (2020). Penentuan Suhu Kalsinasi Optimum CaO dari Cangkang Telur Bebek dan Cangkang Telur Burung Puyuh. *4*(2), 193–202.
- Maneerung, T., Kawi, S., Dai, Y., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.06.071>
- Mukminin, A., Fajar, M., Sarungu', S., Andrianti, I., Migas, T. P., Balikpapan, M., Nama Institusi, B., Pengolahan, T., & Institusi, B. N. (2018). Pengaruh Suhu Kalsinasi Dalam Pembentukan Katalis Padat CaO Dari Cangkang Keong Mas (*Pomacea canaliculata* L). In *Petrogas* (Vol. 1, Issue 1). <http://ejournal.sttmigas.ac.id/index.php/etrogas/article/view/8>
- Nugroho, K. S., Retnaningtyas, H., & Kimia, J. T. (2019). Pengaruh Rasio Massa Katalis CaO dan Suhu Pada Proses Transesterifikasi Minyak Randu menjadi Biodiesel. *5*(9), 76–80.
- Permana, E., & Naswir, M. (2020). Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah Berdasarkan Proses Saponifikasi dan Tanpa Saponifikasi. *JTT(Jurnal Teknologi Terapan)*, *6*(1), 26. <https://doi.org/10.31884/jtt.v6i1.244>
- Pratigto, S., Istadi, I., & Wardhani, D. H. (2019). Karakterisasi Katalis CaO dan Uji Aktivitas pada Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Kedelai. *Metana*, *15*(2), 57–64. <https://doi.org/10.14710/metana.v15i2.25106>
- R. Sudradjat, Sahirman, A. S. & D. S. (2010). *Dilakukan Esterifikasi (Transesterification Process in Biodiesel Manufacture Using Esterified Nyamplung Oil ( Calophyllum inophyllum L.) as Raw Material* ). 184–198. <https://media.neliti.com/media/publications/129531-ID-none.pdf>
- Stadelman, W.J., 2000, Eggs and egg products. In: Francis, F.J. (Ed.), *Encyclopedia of Food Science and Technology*, 2nd ed., John Wiley and Sons, New York, 593-599.
- Turnip, J. R., Tarigan, T. F. L., & Sinaga, M. S. (2017). Pengaruh Massa Katalis dan Waktu Reaksi pada Pembuatan Biodiesel dari Limbah Minyak Jelantah dengan menggunakan Katalis Heterogen K<sub>2</sub>O dari Limbah Kulit Kakao. *Teknik Kimia USU*, *6*(2), 24–29. <https://doi.org/https://doi.org/10.32734/jtk.v6i2>
- Umei Latifah Azzahro (2021) Laporan Penelitian Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dara Sebagai Katalis CaO Pada Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas.