

**ARTIKEL REVIEW: PEMANFAATAN KATALIS ABU CANGKANG PADA REAKSI  
TRANSESTERIFIKASI MINYAK JELANTAH MENJADI BIODIESEL**

**REVIEW ARTICLE: UTILIZATION OF CATALYST FROM SHELL ASH IN  
TRANSESTERIFICATION REACTION OF USED COOKING  
OIL INTO BIODIESEL**

**Ervina Retnaningtyas Indarwati dan Samik Samik\***

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science  
Universitas Negeri Surabaya

Jl. Ketintang, Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

\*Corresponding author, tel/fax: email:samik@unesa.ac.id

**Abstrak.** Artikel review ini berisi mengenai pemanfaatan katalis yang berasal dari abu cangkang pada reaksi transesterifikasi minyak jelantah menjadi biodiesel. Penyusunan artikel ini dilakukan dengan mengkaji artikel-artikel penelitian yang membahas mengenai pemanfaatan abu cangkang sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar yang dapat diperbaharui, ramah lingkungan, dan dapat menggantikan solar dan sebagai pengganti fosil. Biodiesel umumnya diproduksi dengan menggunakan reaksi transesterifikasi antara minyak hewani maupun minyak nabati dengan alkohol. Reaksi transesterifikasi berlangsung lambat sehingga diperlukan katalis yang dapat mempercepat reaksi. Kalsium oksida sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi dapat diperoleh dari cangkang yang telah dikalsinasi dengan suhu tertentu, sehingga menghasilkan abu cangkang yang banyak mengandung oksida logam. Kandungan CaO pada abu cangkang berkisar 81,09% sampai dengan 93,16% dengan menggunakan suhu kalsinasi pada rentang 700°C sampai 900°C. Minyak jelantah merupakan minyak goreng yang telah digunakan dalam proses penggorengan yang sudah rusak akibat proses hidrolisis, oksidasi dan polimerisasi. Berdasarkan hasil studi literatur dapat diketahui bahwa katalis CaO dari abu cangkang telur, cangkang siput dan cangkang kerang darah menghasilkan persen hasil biodiesel yang tertinggi pada reaksi transesterifikasi dari minyak jelantah yaitu sebesar 99,738% yang berasal dari abu cangkang telur. Hasil tertinggi tersebut tercapai dengan kondisi reaksi rasio alkohol dan minyak sebesar 12 : 1, jumlah katalis CaO sebesar 7% dengan suhu reaksi transesterifikasi sebesar 70°C.

**Kata kunci :** Biodiesel, Abu cangkang, Katalis CaO, Minyak Jelantah

**Abstract.** This review article contains the use of catalysts derived from shell ash in the transesterification reaction of used cooking oil into biodiesel. The preparation of this article was carried out by reviewing research articles that discussed the use of shell ash as a catalyst in the manufacture of biodiesel. Biodiesel is a renewable fuel, environmentally friendly, and can replace diesel and as a substitute for fossil fuels. Biodiesel is generally produced using a transesterification reaction between animal and vegetable oils and alcohol. The transesterification reaction is slow so that a catalyst is needed that can speed up the reaction. Calcium oxide as a catalyst in the transesterification reaction can be obtained from shells that have been calcined at a certain temperature to produce shell ash which contains a lot of metal oxides. The CaO content in shell ash ranged from 81.09% to 93.16% by using a calcination temperature in the range of 700°C to 900°C. Used cooking oil is cooking oil that has been used in the frying process which has been damaged due to hydrolysis, oxidation and polymerization processes. Based on the results of the literature study, it can be seen that the CaO catalyst from eggshell ash, snail shells and blood clam shells produced the highest percentage of biodiesel yield in the transesterification reaction of used cooking oil, which was 99.738% which came from eggshell ash. The highest yield was achieved with the reaction conditions of the ratio of alcohol

and oil of 12: 1, the amount of CaO catalyst was 7% with a transesterification reaction temperature of 70°C.

**Keywords:** Biodiesel, Shell Ash, CaO Catalyst, Used Cooking Oil

## PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar minyak semakin meningkat, sementara cadangan minyak semakin menipis, itulah yang menjadi permasalahan saat ini [1]. Menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pada tahun 2021 konsumsi bahan bakar minyak semakin meningkat yang mencapai angka 75,27 juta kilo liter (KL) [2]. Semakin menurunnya ketersediaan cadangan minyak bumi dan semakin meningkatnya kepedulian terhadap lingkungan mendorong manusia untuk menciptakan energi alternatif atau energi terbarukan yang mampu memenuhi peningkatan energi secara berkala [3]. Energi alternatif merupakan energi yang berjumlah besar yang tersedia di alam serta tidak memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, seperti: sinar matahari, angin, sungai, dan tumbuhan [4]. Salah satu bahan yang tersedia di alam yang dapat dimanfaatkan menjadi biodiesel sebagai energi alternatif yaitu minyak nabati [5].

Minyak nabati adalah salah satu bahan baku yang dapat dimanfaatkan dalam proses produksi biodiesel karena minyak nabati memiliki energi yang tinggi, sifat cair, dan dapat dijadikan sebagai sumber energi terbarukan [6]. Proses pembuatan minyak nabati menjadi biodiesel melalui reaksi transesterifikasi [7]. Reaksi transesterifikasi berjalan sangat lambat, sehingga dibutuhkan katalis untuk mempercepat reaksi.

Berdasarkan fasanya, ada dua jenis katalis yang sering digunakan dalam pembuatan biodiesel, yaitu katalis homogen dan katalis heterogen [8]. Katalis heterogen memiliki keunggulan dibandingkan dengan katalis homogen yaitu memiliki sifat non-korosif, ramah lingkungan, dapat dipisahkan dengan produk, dan dapat digunakan kembali tanpa adanya regenerasi [9], sehingga katalis heterogen lebih mudah digunakan dalam proses produksi biodiesel.

Artikel ini bertujuan untuk membahas tentang penggunaan katalis yang berasal dari berbagai abu cangkang, seperti abu cangkang telur ayam, abu cangkang telur bebek, cangkang tiram, cangkang kerang dan cangkang keong, serta membahas tentang penggunaan minyak goreng bekas sebagai bahan baku proses produksi

biodiesel, dan menentukan pengaruh suhu, persentase katalis, rasio minyak dan alkohol terhadap hasil biodiesel dari berbagai jenis cangkang yang dipengaruhi oleh variabel-variabel tersebut.

## Minyak Nabati dan Alkohol

Minyak nabati merupakan salah satu bahan baku dalam pembuatan biodiesel. Minyak nabati termasuk trigliserida yang mempunyai rantai asam lemak [10]. Minyak nabati tidak dapat digunakan secara langsung pada mesin, karena viskositasnya yang tinggi, volatilitas, titik didih, serta jumlah setana rendah yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna, sehingga minyak nabati diolah melalui proses perengkahan agar dapat dijadikan sebagai bahan bakar [11]. Salah satu hasil pengolahan minyak nabati yang sudah tidak layak untuk digunakan untuk penggorengan lagi yaitu minyak jelantah.

Minyak jelantah merupakan minyak sawit yang telah digunakan berkali-kali dalam proses penggorengan dan kualitas dari minyak sawit tersebut sudah menurun [12]. Minyak jelantah terdiri dari asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh, serta lesitin, cephalin, fosfatida lain sterol, asam lemak bebas, lilin, pigmen larut lemak dan hidrokarbon yang berjumlah kecil [13]. Kandungan asam lemak dari minyak jelantah dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. Asam lemak pada minyak jelantah. [13]

Asam Lemak Jenuh	Asam lemak tak jenuh
Asam stearat	Asam Palmitat
-	Asam Lenolenat

Bagi pedagang gorengan minyak jelantah masih sering digunakan dengan alasan penghematan serta semakin mahalnya minyak goreng. Penggunaan minyak jelantah dapat menurunkan kualitas dari makanan yang dihasilkan [13]. Selain menurunkan kualitas makanan yang dihasilkan minyak jelantah juga telah mengalami reaksi oksidasi, reaksi hidrogenasi dan hidrolisis yang diakibatkan dari proses penggorengan yang menyebabkan minyak

tidak layak digunakan kembali [14]. Selain mengalami kerusakan akibat penggorengan minyak jelantah dapat meningkatkan senyawa peroksida.

Senyawa peroksida yang dapat ditemukan dalam minyak jelantah ini dapat meningkatkan resiko sejumlah penyakit, termasuk kanker. Pada proses penggorengan terdapat radikal bebas yang akan menyebabkan peningkatan senyawa peroksida pada minyak, yang ditandai dengan peningkatan malondialdehid yang merupakan produk samping dari reaksi peroksidasi lemak [15]. Selain minyak nabati bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biodiesel yaitu alkohol.

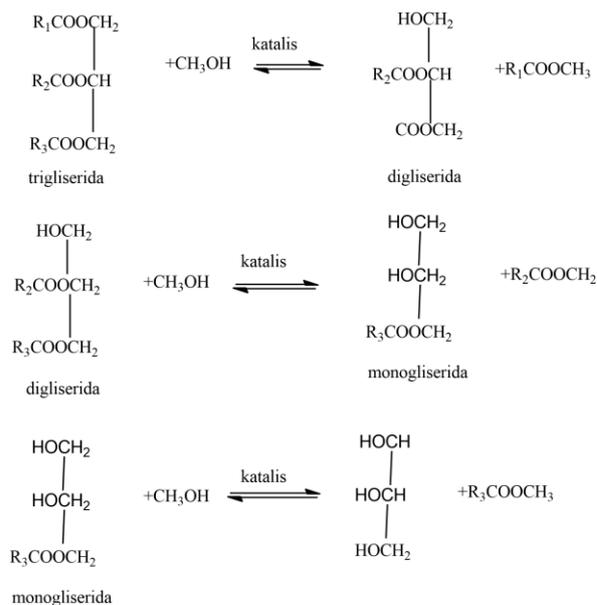
Alkohol merupakan bahan penting yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel. Alkohol yang sering digunakan dalam pembuatan biodiesel merupakan alkohol primer dan sekunder yang memiliki atom karbon 1-8. Alkohol yang paling banyak digunakan dalam proses pembuatan biodiesel yaitu etanol dan metanol, sedangkan untuk propanol, butanol, iso-propanol, tert-butanol, dan oktanol dapat digunakan dalam proses pembuatan biodiesel tetapi harganya mahal [16].

Etanol dan metanol lebih sering digunakan dalam membuat biodiesel. Biodiesel yang dihasilkan dari etanol berbasis bio tetapi etanol lebih mahal dan kurang reaktif jika dibandingkan dengan metanol. Metanol sangat cepat bereaksi dengan trigliserida dan mudah larut dalam larutan basa. Selain memiliki kelebihan metanol juga memiliki kekurangan, yaitu metanol mengandung air yang dapat menyebabkan hidrolisis terhadap trigliserida sehingga dapat menyebabkan tingginya kadar asam lemak bebas dari minyak [16]. Minyak dan alkohol dapat digunakan dalam produksi biodiesel melalui reaksi transesterifikasi.

### Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi / reaksi alkoholis merupakan reaksi yang terjadi antara trigliserida yang berasal dari minyak atau lemak dengan alkohol dengan adanya katalis [17]. Reaksi transesterifikasi dapat berlangsung secara lambat, sehingga digunakan katalis untuk mempercepat jalannya reaksi transesterifikasi.

Reaksi transesterifikasi terjadi dalam tiga tahap reaksi yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap reaksi transesterifikasi dari trigliserida [18].

Reaksi transesterifikasi memiliki tiga tahap. Trigliserida yang merupakan komponen utama dari minyak nabati maupun minyak hewani yang terdiri dari tiga rantai asam lemak akan diesterifikasi menjadi struktur gliserol, setelah itu tiga rantai asam lemak dari trigliserida akan dilepaskan dari kerangka gliserol dan bereaksi dengan alkohol yang akan menghasilkan produk utama berupa biodiesel dan menghasilkan gliserol sebagai produk samping dari reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis untuk mempercepat reaksi [19].

Reaksi transesterifikasi dapat dipengaruhi oleh suhu reaksi, tekanan reaksi, waktu reaksi, jenis dan jumlah katalis, jenis alkohol yang digunakan serta rasio molar alkohol dengan minyak. Rasio molar alkohol terhadap minyak yang lebih tinggi dapat menghasilkan alkil ester yang lebih besar dengan waktu yang singkat dan dapat meningkatkan hasil biodiesel serta meningkatkan kemurnian biodiesel [16].

### Katalis

Katalis merupakan substansi selain reaktan yang dapat mempercepat jalannya reaksi dengan cara membuat mekanisme reaksi dengan energi aktivasi yang lebih rendah [20]. Katalis dapat diklasifikasikan menjadi katalis heterogen dan katalis homogen. Katalis homogen yaitu katalis yang fasenya sama dengan fase reaktan dan fase produk. Katalis homogen memiliki selektivitas dan aktivitasnya tinggi sehingga tidak mudah teracuni oleh keberadaan pengotor, tetapi

kelemahan katalis homogen yaitu tidak dapat dipisahkan dari campuran reaksi serta kurang stabil pada suhu tinggi dan dapat membentuk produk samping sabun karena adanya air dan asam lemak bebas [21]. Untuk mengatasi kelemahan katalis homogen, katalis homogen bisa diganti dengan katalis heterogen.

Katalis heterogen yaitu katalis yang fasenya berbeda dengan fase reaktan dan fase produk sehingga katalis ini lebih mudah untuk dipisahkan dari campuran reaksi, tahan dan stabil pada suhu tinggi dan berbentuk padat [22].

Beberapa contoh katalis yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi meliputi, katalis asam cair, katalis asam padat, enzim, dan katalis penukar ion resin. Penggunaan asam sebagai katalis dibutuhkan reaktan dalam jumlah yang berlebih, Hal ini sesuai dengan prinsip Le Chatelier menyatakan bahwa semakin banyak reaktan yang digunakan, semakin banyak produk yang dihasilkan. [23].

Tabel 2. Kandungan yang terdapat pada cangkang

Jenis Cangkang	Kandungan	Referensi
Cangkang telur	CaCO <sub>3</sub> (98,43%), MgCO <sub>3</sub> (0,84%), dan Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (0,75%)	[25]
Cangkang kerang darah	CaCO <sub>3</sub> (69,02%), MgCO <sub>3</sub> (16,38%), dan Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (14,6%)	[26]
Cangkang bekicot	CaCO <sub>3</sub> (89,99%), MgCO <sub>3</sub> (8,56%), Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (1,45%)	[27]
Cangkang Siput	CaCO <sub>3</sub> (94,1%), MgCO <sub>3</sub> (5,06%), Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (0,84%)	[28]

Katalis homogen yang sering digunakan dalam pembuatan biodiesel seperti NaOH dan KOH yang memiliki tingkat katalisator yang tinggi, namun katalis NaOH dan KOH sulit dipisahkan dengan campuran reaksi sehingga

harus dibuang dan dapat mencemari lingkungan [24]. Untuk meminimalisir pencemaran lingkungan yang terjadi dapat dilakukan dengan memanfaatkan CaO yang berasal dari cangkang. CaO didapatkan dari hasil pembakaran CaCO<sub>3</sub>, yang terkandung dari cangkang telur, cangkang kerang, cangkang bekicot, cangkang siput dan sebagainya. Kandungan zat yang terdapat pada cangkang seperti terlihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan CaCO<sub>3</sub> yang terdapat pada cangkang 68 % - 98% dan kandungan tertinggi CaCO<sub>3</sub> pada cangkang telur.

### Katalis Abu Cangkang

Cangkang memiliki berbagai macam kandungan mineral, salah satu kandungan dari cangkang yang dapat digunakan dalam pembuatan katalis yaitu CaCO<sub>3</sub>. CaCO<sub>3</sub> dapat digunakan sebagai katalis, karena CaCO<sub>3</sub> dapat diubah menjadi CaO melalui proses kalsinasi dengan suhu yang tinggi [29]. CaO dapat dijadikan sebagai katalis abu cangkang.

Katalis abu cangkang merupakan katalis yang dihasilkan dari cangkang melalui proses kalsinasi [30]. Kalsinasi merupakan proses pemanasan cangkang untuk membebaskan CO<sub>2</sub>, sehingga menghasilkan CaO [31]. CaO dapat diperoleh dari CaCO<sub>3</sub> melalui pemanasan dengan menggunakan tanur dengan suhu 700°C hingga 900°C. Perubahan CaCO<sub>3</sub> menjadi CaO dan CO<sub>2</sub> lalu diikuti pelepasan gas CO<sub>2</sub> yang menyebabkan penurunan berat sampel selama proses kalsinasi [30], yang dapat diuraikan seperti persamaan berikut :



Hasil dari proses kalsinasi, CaO, merupakan suatu oksida logam yang dapat digunakan sebagai katalis basa heterogen. Oksida logam selain CaO antara lain MgO, ZnO, ZrO dan CuO. Katalis yang terbuat dari oksida logam bekerja dengan baik, tetapi sulit didapat dan mahal penggunaannya [32]. Katalis heterogen, CaO dapat digunakan dalam proses produksi biodiesel dari berbagai minyak nabati karena CaO merupakan katalis yang tidak beracun, murah, berumur panjang, tidak larut dalam metanol, dan berlimpah, biasanya memberikan laju reaksi sekitar 1-6 jam untuk mencapai kadar metil ester (ME) lebih dari 96,5% (parameter menunjukkan kemurnian biodiesel) [33]. Pemanfaatan katalis CaO dari berbagai cangkang hewan untuk

pembuatan biodiesel dari minyak dan alkohol bisa dilihat di Tabel 3.

Tabel 3 . Pemanfaatan Berbagai Macam Cangkang Sebagai Katalis CaO dengan Minyak Jelantah

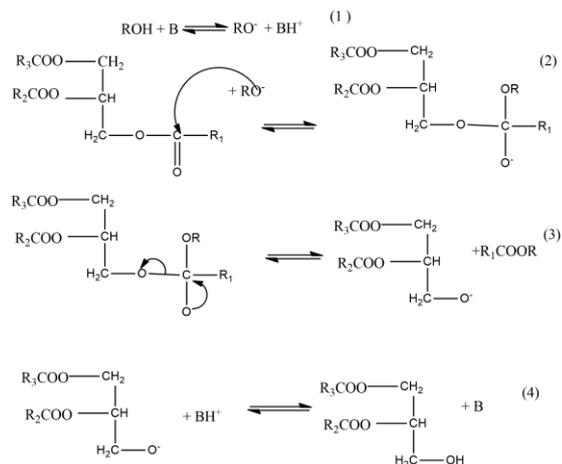
Jenis cangkang	Suhu (°C)	% katalis	Rasio (Alkohol : Minyak)	% Yield	Referensi
Cangkang Telur Ayam	70	7	12 : 1	99,738	[33]
Cangkang Telur Ayam	60	10	12 : 1	64,56	[32]
Cangkang Telur Bebek	60	4	12 : 1	81,4	[33]
Cangkang Siput Gonggong	65	3	12 : 1	83,5	[35]
Cangkang Kerang Darah	65	3	9 : 1	56,51	[36]
Cangkang Kerang Darah	65	2,5	4 : 1	67,3	[37]
Cangkang Kerang Darah	60	5	5 ; 1	84,56	[38]
Cangkang Kerang Darah	70	4	8 : 1	78,1	[39]
Cangkang Bekicot	60	6	10 : 1	63	[40]
Cangkang Tiram (Crassostrea Gigas)	65	8	9 : 1	68,77	[41]

Tabel 3 menunjukkan bahwa suhu reaksi, %katalis dan rasio dari alkohol : minyak berpengaruh pada %yield biodiesel. %yield biodiesel menggambarkan hasil perbandingan antara hasil aktual terhadap hasil teoritis. %yield tertinggi pada cangkang telur pada suhu 70°C, 7% katalis, dan rasio alkohol : minyak sebesar 12:1. Pada Tabel diatas untuk no 1 dan 2 menggunakan limbah cangkang yang sama yaitu cangkang telur ayam tetapi memiliki %yield biodiesel yang berbeda hal ini terdapat perbedaan suhu dan %katalis yang digunakan. Jenis katalis abu cangkang yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi memiliki ukuran mikrometer hingga nanometer.

Menurut penelitian Kouzu & Hidaka, (2011) bahwa katalis CaO berpengaruh terhadap %yield. %yield biodiesel ini menunjukkan seberapa banyak alkil ester yang dihasilkan terhadap banyaknya minyak yang digunakan dalam proses reaksi transesterifikasi [42]. % yield dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$\% Yield = \frac{\text{Massa FAME}}{\text{Massa Minyak Jelantah}} \times 100\% \quad (1)$$

Menurut Banerjee (2009) menyimpulkan bahwa rasio molar alkohol dan minyak yang melebihi stokiometri pada reaksi transesterifikasi dapat meningkatkan hasil dari biodiesel yang didapatkan. Pada perbandingan alkohol dengan minyak, jika konsentrasi alkohol lebih tinggi menyebabkan reaksi bergeser ke kanan yang membuat pemulihan dari gliserol sulit, oleh karena itu rasio dari minyak dan alkohol yang tinggi dapat digunakan sebagai rasio optimum, tetapi tergantung pada kualitas bahan baku dan jenis katalis yang digunakan pada reaksi transesterifikasi [19]. Penggunaan suhu yang berkisar antara 60°C-65°C dikarenakan dibatasi oleh titik didih dari alkohol yang digunakan. Jika suhu yang digunakan melebihi dari suhu tersebut akan menyebabkan penguapan dan berkurangnya jumlah alkohol yang ada dalam campuran reaksi tersebut. Jika suhu ditingkatkan maka tekanan juga ditingkatkan hal ini untuk mempertahankan kondisi dari jenis alkohol yang digunakan agar tetap dalam keadaan cair [44].



Gambar 2. Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan katalis basa [45]

Mekanisme reaksi transesterifikasi pada katalis basa CaO dengan penambahan katalis penunjang KOH atau NaOH [46]. Pada langkah yang pertama CaO akan bereaksi dengan alkohol yang dapat menghasilkan katalis alkoksida (RO) dan katalis terprotonasi (H). Kemudian terjadi serangan pada gugus nukleofilik alkoksida pada gugus karbonil trigliserida yang menghasilkan zat antara tetrahedral yang membentuk digliserida dari alkil ester dan anion. Katalis akan meregenerasi spesies aktif yang mampu bereaksi dengan molekul alkohol kedua untuk memulai siklus katalitik yang lain. Terakhir, monogliserida diubah menjadi campuran alkil ester dan gliserol [19].

Pada reaksi transesterifikasi minyak dengan katalis basa heterogen dapat mengubah trigliserida, digliserida dan monogliserida menjadi ester, kemudian kandungan asam lemak bebas yang terdapat pada minyak akan menjadi metil ester, dengan cara mereaksikan antara trigliserida dengan ion alkoksida yang berasal dari metanol menghasilkan produk campuran antara metil ester dan gliserol [47].

## Biodiesel

Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar yang berasal dari minyak nabati atau minyak hewani [47]. Biodiesel merupakan alkil ester dengan alkil berasal dari alkohol yang memiliki rantai pendek seperti metanol atau etanol dan ester berasal dari trigliserida atau asam lemak bebas (*Free Fatty Acid / FFA*). Trigliserida bereaksi dengan alkohol melalui reaksi transesterifikasi [48]. Metanol merupakan alkohol yang sering digunakan dalam proses pembuatan biodiesel, hal ini dikarenakan harga metanol lebih murah jika dibandingkan dengan alkohol yang lainnya [49].

Pembuatan biodiesel dengan menggunakan bahan baku yang memiliki kadar FFA tinggi dilakukan melalui dua tahap yaitu tahap reaksi esterifikasi dengan menggunakan katalis asam dan tahap reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa [50]. Reaksi transesterifikasi ini berjalan sangat lambat, sehingga membutuhkan katalis yang dapat mempercepat reaksi. Proses pembuatan biodiesel dapat menggunakan katalis homogen atau katalis heterogen [51].

Biodiesel dimanfaatkan sebagai bahan bakar yang dapat digunakan sebagai pengganti solar. Biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena emisi yang dihasilkan oleh biodiesel lebih baik dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan oleh solar [52]. Biodiesel juga merupakan energi terbarukan atau energi alternatif karena biodiesel ini terbuat dari bahan alam seperti minyak nabati dan hewani yang dapat diperbarui [53].

Selain memiliki keunggulan biodiesel juga memiliki kekurangan yang dapat berubah menjadi gel jika disimpan dalam waktu yang lama sehingga dapat menyumbat mesin [54]. Walaupun memiliki kekurangan, tetapi keunggulan biodiesel lebih banyak, sehingga biodiesel layak digunakan sebagai pengganti minyak diesel. Standar sifat bahan bakar dari biodiesel dan minyak diesel dapat dilihat di Tabel 4.

Tabel 4. Standar sifat bahan bakar dari biodiesel dan minyak diesel [54].

Sifat Bahan Bakar	Satuan	Biodiesel ASTM D 6751	Biodiesel EN 14214	Minyak Diesel
Viskositas kinematis pada suhu 40 <sup>0</sup> C	cSt	4-6	3,5 – 5,0	1,3- 4,1
Densitas pada 15 <sup>0</sup> C	Kg/m <sup>3</sup>	878,08	960-900	848,25
Titik nyala	°C	100-170	Min 120	60-80
Titik tuang	°C	-15 hingga 10	-	35 hingga 15
Titik awan	°C	-3 hingga 12	-	-15 hingga 5
Angka setana	-	48-65	Min 51	40-55
Sulfur	mg/kg	Maks 15	Maks 10	Maks 350
Air	mg/kg	Maks 500	Maks 500	Maks 200
Stabilitas oksidatif	H	Min 3	Min 8	-

### Kesimpulan

Reaksi transesterifikasi antara minyak atau lemak dengan alkohol rantai pendek dapat menghasilkan produk utama biodiesel dan produk samping gliserol. Reaksi transesterifikasi berjalan sangat lambat, sehingga dibutuhkan katalis yang dapat mempercepat reaksi. Berdasarkan hasil studi literatur dapat diketahui bahwa katalis CaO yang berasal dari abu cangkang seperti abu cangkang telur, cangkang siput, dan cangkang kerang darah dapat meningkatkan laju reaksi dan menghasilkan persentase biodiesel tertinggi pada reaksi transesterifikasi minyak goreng bekas, yaitu 99,738% dari abu cangkang telur. Hasil persentase biodiesel tertinggi tersebut tercapai dengan kondisi reaksi perbandingan alkohol dan minyak 12:1, jumlah katalis CaO 7%, dan suhu 70°C.

### Daftar Pustaka

- Atadashi , I., Aroua, M., Abdul , A. A. & Sulaiman , N., 2012. The Effects Of Water On Biodiesel Production and Refining Technologies : a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 5, pp. 3456-3470.
- ESDM, K., 2021. Konsumsi Bahan Bakar Minyak di Tahun 2021.
- Buasri, A., Worawanitchaphong, P., Trongyong, S. & Loryuenyong, V., 2014. Utilization Of Scallop Waste Shell for Biodiesel Production from Palm Oil-Optimization Using Taguchi Method. *APCBEE Procedia*, Volume 8, pp. 216-221.
- Tim Contained Energy Indonesia, 2010. *Buku Panduan Energy yang Terbarukan*. Jakarta: PNPM Mandiri dan Kementerian Dalam Negeri Republik Indonesia.
- Ugheoke, B., 2007. Determination of Optimal Catalyst Concentration For Maksimum Biodiesel Yield From Tigernut (Cyperus Esculentus) Oil.. *Leonardo Journal and Science* , Volume 10, pp. 131-136.
- Setiawati, E. & Edwar, F., 2012 . Teknologi Pengolahan Biodiesel Dari Minyak Goreng Dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel. *Bioresource and Technology*, Volume 5, pp. 345-352.
- Niju, S., Begum, K. M. S. & Anantharaman, N., 2016. Peningkatan Sintesis Biodiesel Melalui CaO yang Sangat Akif yang Berasal dari Cangkang Kerang Putih. *Jurnal Elsevier* , Volume 9, pp. 633-639.
- Laca, A., Laca , A. & Diaz, M., 2017. Eggshell waste as catalyst. *Enviromental Management* , Volume 197, pp. 351-359.
- Bankovic-Ilic, I. B., Miladinovic , M. R., Stamenkovic, O. S. & Veljkovic, V. R., 2017. Application of nano CaO-based catalyst in biodiesel synthesis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 72, pp. 746-760.
- Sitepoe, M., 2008 . *Corat Corat Anak Desa Berprofesi Ganda*. 15 ed. Jakarta : Gramedia .

11. Molefe , M., Nkazi, D. & Mukaya , H. E., 2019. Method Selection for Biojet and Biogasoline Fuel Production from Castor Oil. *A review : Energy & Fuels*, 33(7), pp. 5918-5932.
12. Syamsidar, H., 2013. Pembuatan dan Uji Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknosains*, VII(2), pp. 209-218.
13. Vasquez, M. C., Silva, E. E. & Castillo , E. F., 2017. Hydrotreatment of Vegetable Oils. *A Review of The Technologies and Its Developments for Jet Biofuel Production. Biomass and Bioenergy*, Volume 105, pp. 197-206.
14. Efendi , R., Faiz, H. A. N. & Firdaus , E. R., 2017 . Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan metode Esterifikasi- Transesterifikasi Berdasarkan jumlah Pemakaian Minyak Jelantah. *Industrial Research Workshop and National Seminar* , XI(3), pp. 402-409.
15. Wang , Y., Ou , S., Liu , P. & Zhang , Z., 2007. Preparation of Biodiesel From Waste Cooking Oil Via Two-Step Catalyzed Process. *Energy Conversion and Management* , Volume 48, pp. 184-188.
16. Leung , D. Y. C., Wu, X. & Leung , M. K. H., 2010. A Review : On Biodiesel Production Using Catalyzed Transesterification. *Application Energy*, VIII(7), pp. 1083-1095.
17. Demirbas, A., 2009. Biodiesel From waste Cooking Oil Via Base-Catalytic and Supercritical Methanol Transesterification. *Energy Conversation and Management* , Volume 50, pp. 923-927.
18. Rahayu, M., 2005. Prospek Pengembangan Biofuel Sebagai Substansi Bahan Bakar Minyak. *Teknologi Proses Produksi Biodiesel*. Volume 7, pp, 11-21.
19. Islam , A., & Ravindra , P., 2017. *Biodiesel Production with Green Technologies*. Malaysia: Springer International Publishing Switzerland.
20. Mirzayanti, Y. W., Erlinda, N., Lillahulhaq, Zain., Ma'sum, Zuhdi., Renova, C.& Wijaya Y., 2020. Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Katalis Pada Proses Konversi Minyak Curah Menjadi Biodiesel. *Journal Universitas NU*, VI(2).pp, 402-411.
21. Mofijur, M., Siddiki, Y. A., Shuvho, B. A., Djanvanroodi, F., Fattah, I. R. M., Ong, H. C., Chowdhury, M. A.& Mahlia, T. M. I., 2020. Effect Of Nanocatalysts On The Transesterification reaction Of First, Second, and Third Generation Biodiesel Source- A mini -review. *Journal Pre-Proof*, pp. 1-36.
22. Ibrahim , S. M., El-Sherbeeney, A. M., Shim, J. J., Al-Hammadi, A. A.& Abukhadra, M. R., 2021. SO<sub>3</sub> H-functionalization of sub-bituminous coal as a highly active acidic catalyst during the transesterification of spent sunflower oil ; characterization, application, and mechanism. *Energy Reports* , Volume 7, pp. 8699-8710.
23. Arita , S., Adipati , A. S. & Sari , D. P., 2014. Pembuatan Katalis Heterogen dari Cangkang Kerang Darah (Anadara Granos) dan diaplikasikan pada Reaksi Transesterifikasi dari Crude Palm Oil. *Jurnal Teknik Kimia* , 20(3), pp. 31-37.
24. Samik, Ediati , R. & Prasetyoko, D., 2011. *Review Effect of basicity and Surface Area Catalyst On Heterogeneous Alkaline Catalyst Activity to Produce Biodiesel*, Surabaya: s.n,pp.462-467.
25. Ningtyas , D. P., Budhiyanti, S. A. & Sahubawa, L., 2013. Pengaruh Katalis Basa (NaOH) pada Tahap Reaksi Transesterifikasi Terhadap Kualitas Biofuel dari Minyak Tepung Ikan Sardin. *Jurnal Teknosains*, Volume 2, pp. 71-158.
26. Fessenden, R. J. & Fessenden, J. S., 1979. *Kimia Organik Lanjut Jilid 1*. 1 ed. Jakarta: Erlangga.
27. Kataren , S., 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta : UI Press.
28. Mahatta , T. L., 1975. *Technology and Refining Of Oils and Fats*. New Delhi : Small Bussiness Publications .
29. Nita , D. W., 2009. Hubungan Lamanya Pemanasan dengan Kerusakan Minyak Goreng Curah ditinjau dari Bilangan Peroksida. *Jurnal Biomedika*, 1(1), pp. 31-35.
30. Khaira, K., 2011. Pengaruh Temperatur dan Waktu Kalsinasi Batu Kapur Terhadap Karakteristik Precipitated Calcium Carbonate (PCC). *Jurnal Saintek* , III(1), pp. 33-43.
31. Miladinovic , M. R., Zdujic, M. V., Veljovic, D. N., Krstic, J. B., Bankovic-illic, I. B., Veljkovic, V. B. & Stamenkovic, O. S., 2020. Valorization Of Walnut Shell Ash As A Catalyst For Biodiesel Production. *Renewable Energy*, pp. 1033-1043.

32. Choi, J. I., Hong , W. H. & Cham , H. N., 1996. Reactions Kinetics of Lactic Acid with Methanol Catalyzed by Acid Resins. *J.Chem.Kinet*, Volume 28, pp. 37-41.
33. Setyaningsih, L. W. N., Rizkiyaningrum, U. M. & Andi, R., 2013. Pengaruh Konsentrasi Katalis dan Reusability Katalis Pada Sintesis Triasetin Dengan Katalisator Lewatit. *Teknoin* , Volume 23, pp. 56-62.
34. Helwani, Z., Othman, M. R., Aziz, N., Kim, J.& Fernando, W. J. N., 2009. Solid Heterogeneous Catalysts for Transesterification Of Triglycerides with Methanol. *A review. Applied Catalysis A: General* , pp. 1-10.
35. Ardiansah , A., Sabara, Z. & Suryanto, A., 2020. Preparasi Katalis dari Cangkang Telur Dengan Metode Impregnasi Untuk Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa. *Journal of Chemical Process Engineering* , V(1), pp. 40-44.
36. Suryandari , A. S., Ardiansyah, Z. R., Putri, V. N. A., Arfiansyah, I., Mustain, A., Dewajani, H. & Mufid., 2021. Sintesis Biodiesel melalui Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Berbasis Katalis Heterogen CaO dari Limbah Cangkang Telur Ayam. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan* , V(1), pp. 22-27.
37. Palisatkun, S., Koonkuer, K., Topool, B., Seubsai, A. & Sudsakorn, K., 2020. Transesterification Of Jatropa Oil to Biodiesel Using SrO Catalysts Modified With CaO From Waste Eggshell. *Catalysis Communications* , Volume 149, pp. 1-7.
38. Dalimunthe, I. S., Restuhadi , F. & Efendi , R., 2016. Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Cangkang Telur Ayam. *Jom Faperta* , III(2), pp. 1-11
39. Wiyata , L. Y. P. & Broto, R. T. W., 2021. Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas dengan Memanfaatkan Limbah Cangkang Telur Bebek sebagai Katalis CaO. *Jurnal Pengabdian Vokasi*, II(1), pp. 69-74.
40. Asriza, R. O. & Fabiani , V. A., 2018. Transesterifikasi Minyak Jelantah Menggunakan Katalis CaO dari Cangkang Siput Gonggong. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat* , pp. 197-199.
41. Petrus , B., Sembiring , A. P. & Sinaga , M. S., 2015. Pemanfaatan Abu Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) sebagai Katalis dalam Pembuatan Metil Ester dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Kimia USU* , IV (2), pp. 13-19.
42. Lesbani , A., Tamba , P., Mohadi , R. & Fahmariyanti, 2013. Preparation Of Calcium Oxide From Achatina Fulica as Catalyst For Production Of Biodiesel From Waste Cooking Oil. *Indo. J. Chem* , 13(2), pp. 176-180.
43. Banerjee , A. & Chakraborty, R., 2009 . Parametric Sensitivity in Transesterification of Waste Cooking Oil for Biodiesel Production. *Resource, consevation and Recycling*, pp. 490-497.
44. Putra , Sandy Aditya. 2019. Analisis Penggunaan Katalis CaO dari Cangkang Kerang Darah dan NaOH pada Prototipe Alat Pembuatan Biodiesel Berbahan Baku Minyak Jelantah Terhadap Rendemen Biodiesel. *Jurnal Teknik Kimia Polsri* . V (1). Pp. 15-25.
45. Azzahro, U. L. & Broto, W., 2021. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang dara Sebagai Katalis CaO Pada Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Sosial dan Teknologi (SOSTECH)*, I(VI) , pp. 499-507.
46. Arifin , Z., Rudiyanto, B. & Susmiati , Y., 2016. Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Heterogen Cangkang Bekicot (Achatina Fulica) dengan Metode Pencucian Dry Washing. *Jurnal ROTOR*, IX(2) , pp. 100-104.
47. Rizqi, S. A., Adriana , Ananda , R. & Farisha, S., 2017. Optimasi Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Katalis Cangkang Tiram (Crassostrea Gigas). *Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology)*, XV(2), pp. 1-8.
48. Kouzu, M. & Hidaka, J.-S., 2011. Transesterification of vegetable oil into biodiesel catalyzed by CaO. *Fuel*, Volume 93, pp. 1-12.
49. Hidayati , N., Ariyanto , T. S. & Septiawan , H., 2017. Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel Dengan Katalis Kalsium Oksida. *Jurnal Teknologi Bahan Alam* , I(1), pp. 1-5.
50. Prasuna , C. P. L., Narasimhulu, K. V., Gopal, N. O., Rao, J. L. & Rao, T. V. R. K., 2004. The Microstructures Of Biomineralized Surface : A Spektroskopik Study On the Exoskeleton Of Fresh Water (Apple) Snail,

- Pila Globosa. *Spectrochim*, Volume 60, pp. 2305-2314.
51. Setiadji , S., Tanyela, N.B., Sudiarti, T., Prabowo, E. & Wahid B. 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*, III(1), pp. 1-10.
  52. Wahyudin , A., Joelianingsih , N. & Hiroshi, 2018. tinjauan Perkembangan Proses Katalitik Hidrogen dan Non-katalitik Untuk Produksi Biodiesel. *Journal Keteknikaan Pertanian* , Volume VI,pp. 49-53.
  53. Lesbani , A., Tamba , P., Mohadi , R. & Fahmariyanti, 2013. Preparation Of Calcium Oxide From *Achatina Fulica* as Catalyst For Production Of Biodiesel From Waste Cooking Oil. *Indo. J. Chem* , 13(2), pp. 176-180.
  54. Marwaha , A., Rosha, P., Mohapatra, S. J., Mahla, S. K. & Dhir, A., 2018. Waste materials as potential catalysts for biodiesel production: Current state and future scope. *Fuel Processing Technology*, Volume 181, pp. 175-186.