

## PEMBUATAN BODIESEL DARI *CRUDE PALM OIL* MENGGUNAKAN KATALIS CaO/KOH CANGKANG TELUR BEBEK

Tulistiowati<sup>1)</sup>, Noorma Kurnyawaty<sup>2),3)</sup>, dan Harjanto<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Jl. Dr. Ciptomangunkusumo, Samarinda, 75312  
E-mail: noormakurnyawaty@polnes.ac.id

### Abstract

Biodiesel is an alternative fuel source that can be produced from vegetable oil through a transesterification process. CPO (Crude Palm Oil) is one source of vegetable oil that has the potential to be used as a base material for biodiesel production. An important aspect of biodiesel production is the use of catalysts. Duck eggshell can be used as a heterogeneous base catalyst because it contains calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) which can produce CaO through the calcination process. CaO catalyst was made by calcining duck eggshell at  $800^\circ\text{C}$  for 4 hours, then impregnated with 30% KOH solution. This research aims to make biodiesel from CPO oil using CaO/KOH catalyst from duck eggshell based on variation of oil:methanol mole ratio and catalyst mass. Then the esterification reaction of CPO aims to reduce the level of free fatty acids contained in the oil by using methanol and  $\text{H}_2\text{SO}_4$  catalyst at  $65^\circ\text{C}$ . Free fatty acids decreased from 16.38% to 0.99%. Meanwhile, the transesterification reaction was carried out with variations of oil:methanol mole ratio (1:5, 1:7, 1:9, 1:11 and 1:13) and impregnated catalyst masses of 2% and 5%. The best biodiesel results were obtained in the variation of oil: methanol mole ratio 1:7 with 5% impregnated CaO catalyst and methyl ester content analyzed by GC-MS of 84.82%, yield of 43.24%, density of 0.89 g/mL, kinematic viscosity of 4.52 cSt and moisture content of 0.03%.

**Keywords:** *biodiesel, CPO (crude palm oil), duck eggshell, impregnated*

### Abstrak

Biodiesel merupakan sumber bahan bakar alternatif yang dapat dihasilkan dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi. CPO merupakan salah satu sumber minyak nabati yang mempunyai potensi untuk digunakan sebagai bahan dasar produksi biodiesel. Aspek penting dalam pembuatan biodiesel adalah penggunaan katalis. Cangkang telur bebek dapat digunakan sebagai katalis basa heterogen karena memiliki kandungan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang dapat menghasilkan CaO melalui proses kalsinasi. Katalis CaO dibuat dengan mengkalsinasi cangkang telur bebek pada suhu  $800^\circ\text{C}$  selama 4 jam, kemudian diimpregnasi dengan larutan KOH 30%. Penelitian ini bertujuan untuk membuat biodiesel dari minyak CPO menggunakan katalis CaO/KOH dari cangkang telur bebek berdasarkan variasi rasio mol minyak:metanol dan massa katalis. Kemudian pada reaksi esterifikasi CPO bertujuan mengurangi kadar asam lemak bebas yang terdapat pada minyak dengan menggunakan metanol dan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada suhu  $65^\circ\text{C}$ . Asam lemak bebas menurun dari 16,38% menjadi 0,99%. Sedangkan reaksi transesterifikasi dilakukan dengan variasi rasio mol minyak:metanol (1:5, 1:7, 1:9, 1:11 dan 1:13) dan massa katalis impregnasi 2% dan 5%. Hasil biodiesel terbaik diperoleh pada variasi rasio mol minyak: metanol 1:7 dengan katalis CaO impregnasi 5% dan kandungan metil ester yang dianalisa dengan GC-MS sebesar 84,82%, yield 43,24%, densitas 0,89 g/mL, viskositas kinematik 4,52 cSt dan kadar air 0,03%.

**Kata Kunci:** *biodiesel, cangkang telur bebek, impregnasi, CPO (crude palm oil)*

## PENDAHULUAN

Pembuatan biodiesel telah banyak dilakukan seiring menipisnya cadangan minyak bumi. Biodiesel didefinisikan sebagai mono alkil ester asam lemak rantai panjang yang diturunkan dari bahan baku lemak sebagai sumber yang dapat diperbaharui, seperti minyak nabati dan lemak hewani, untuk digunakan dalam mesin diesel (ASTM, 2003). Pemanfaatan biodiesel dapat mengurangi berbagai masalah, diantaranya sebagai solusi mengantisipasi krisis energi.

Pembuatan biodiesel umumnya menggunakan katalis basa yaitu NaOH, KOH,  $K_2CO_3$ , dan lain-lain termasuk CaO untuk mempercepat terbentuknya produk juga menurunkan energi aktivasi dan pemberian reaktan yang berlebihan agar reaksi bergeser ke arah kanan. Penggunaan katalis padatan telah banyak digunakan. Katalis ini meliputi jenis katalis padatan oksida alkali yang diaplikasikan dalam reaksi transesterifikasi minyak nabati untuk menghasilkan biodiesel. Beberapa jenis katalis yang telah banyak digunakan dalam reaksi konversi minyak menjadi biodiesel diantaranya adalah SrO, TiO<sub>2</sub>, CaO yang menunjukkan aktivitas katalitik yang baik (Roschat dkk., 2016). Diantara oksida alkali, kalsium oksida (CaO) banyak digunakan untuk reaksi transesterifikasi karena memiliki kekuatan basa yang relatif tinggi.

Cangkang telur seperti cangkang telur bebek tersusun dari mineral kalsium karbonat yang tinggi. Cangkang telur bebek dapat dimanfaatkan sebagai katalis CaO, melalui proses kalsinasi cangkang telur bebek. Penelitian yang dilakukan oleh Nurlaela, dkk. (2014) menunjukkan bahwa cangkang telur bebek merupakan sumber kalsium salah satunya CaO yang diperkirakan mencapai 55,02% (b/b). Salah satu pemanfaatan katalis CaO adalah penggunaan pada teknologi pembuatan biodiesel. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi telur itik/itik manila di Provinsi Kalimantan Timur pada tahun 2022 mencapai 2519, 22 ton. Jumlah ini terus meningkat karena tingginya permintaan konsumen dari tahun ke tahun. Dengan kondisi ini tentunya akan menghasilkan limbah cangkang telur. Limbah cangkang telur selama ini hanya dianggap sebagai sampah dan belum banyak diolah agar dapat dimanfaatkan kembali, cangkang telur saat ini hanya dimanfaatkan sebagai pakan unggas, pupuk organik, dan beberapa industri kecil.

Disisi lain, tanaman kelapa sawit merupakan komoditas yang penting di Indonesia. Hal ini disebabkan selain potensi ekonominya, juga potensi alam/iklim yang mendukung.

Tanaman kelapa sawit akan menghasilkan buah kelapa sawit yang layak untuk diolah yaitu pada saat tanaman berumur 5 tahun sampai dengan 30 tahun. Dari pengolahan tersebut akan menghasilkan minyak kelapa sawit mentah atau CPO, karnel (inti buah kelapa sawit), cangkang dan serabut/serat/fiber kelapa sawit. CPO akan diolah menjadi minyak goreng dan ada juga yang dimanfaatkan untuk pengganti bahan bakar solar yaitu diolah menjadi biodiesel. CPO merupakan salah satu alternatif bahan baku pembuatan biodiesel yang murah dan berlimpah. Namun, salah satu kelemahan bahan baku berbasis CPO untuk produksi biodiesel adalah kandungan asam lemak bebas yang relatif tinggi (>5%) (Nurhayati dkk., 2014). Kelemahan ini terjadi karena asam lemak bebas disabunkan oleh katalis basa homogen, menghasilkan sabun berlebih (Zheng dkk., 2006), sehingga kelemahan ini dapat mengganggu selama reaksi dan dapat menurunkan *yield* biodiesel. Untuk mengatasi kekurangan katalis homogen adalah dengan menggunakan katalis heterogen seperti CaO, karena katalis heterogen dapat dipisahkan dari campuran dengan penyaringan dan tidak membutuhkan air yang banyak dalam proses penyaringan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Alat dan Bahan Penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium, piknometer, viscometer ostwald, desikator, oven, furnace, hotplate, dan timbangan digital.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah telur bebek, *crude palm oil*, natrium hidroksida, kalium hidroksida, etanol, methanol, indikator PP, asam oksalat, asam sulfat dan aqua destilasi.

### **Rancangan Penelitian**

#### **Variabel Berubah**

1. Variasi rasio mol minyak:metanol : 1:5, 1:7, 1:9, 1:11 dan 1:13
2. Variasi massa katalis : 2% dan 5%

#### **Variabel Tetap**

1. Ukuran partikel : -60+80 mesh
2. Suhu reaksi transesterifikasi : 60 °C
3. Minyak CPO : 50 gr
4. Waktu transesterifikasi : 3 jam

5. Kadar ALB setelah esterifikasi : 0,99 %

### **Variabel Respon**

1. *Yield*
2. Densitas
3. Viskositas Kinematik
4. Kadar Air
5. Metil Ester

### **Prosedur Penelitian**

#### **Pembuatan Katalis**

Pembuatan katalis dari cangkang telur bebek mengacu pada penelitian Susvira dkk. (2022). Cangkang telur bebek dibersihkan dari kotoran dengan cara dicuci, kemudian cangkang dikeringkan pada oven dengan oven pada suhu 110 °C selama 24 jam. Selanjutnya cangkang telur bebek dihaluskan dan diperkecil ukurannya dengan screening ukuran -60+80 mesh. Serbuk cangkang telur bebek dikalsinasi menggunakan furnace pada suhu 800 °C selama 4 jam.

Hasil kalsinasi serbuk cangkang telur bebek berupa kalsium oksida (CaO). CaO dicampurkan dengan larutan KOH yang memiliki konsentrasi 30 g KOH/100 ml dalam pelarut aquades pada suhu 60 °C selama 2 jam. Selanjutnya campuran disaring menggunakan kertas saring dan pompa vakum dan dicuci menggunakan aquades hingga berwarna bening. Katalis yang terbentuk dikeringkan dengan oven pada suhu 110 °C selama 24 jam dan mengimpregnasi katalis pada suhu 450 °C selama 4 jam.

#### **Proses Esterifikasi**

Proses esterifikasi dilakukan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (ALB) yang terdapat di dalam CPO. Penentuan nilai ALB mengacu pada SNI 01-2901-2006. Proses Esterifikasi yang dilakukan mengacu pada penelitian Nurhayati dkk. (2017) dengan mereaksikan 50 gr CPO dan metanol dengan perbandingan rasio mol minyak:metanol (1:24) menggunakan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada labu alas bulat yang dilengkapi kondensor, pengaduk magnetik dan termometer. Pemanasan dilakukan selama 3 jam dengan suhu reaksi 65°C. Selanjutnya dimasukkan ke dalam corong pisah dan dicuci dengan air suling hangat (50-60°C). Campuran lalu didiamkan ± 10 menit hingga terbentuk dua lapisan. Bagian bawah air cucian dibuang dan bagian atasnya dimasukkan ke dalam gelas beker untuk selanjutnya dilakukan proses transesterifikasi.

## Proses Transesterifikasi

Proses transesterifikasi mengacu pada penelitian Nurhayati dkk. (2017) dengan melakukan variasi rasio mol minyak:metanol (1:7, 1:9, 1:11 dan 1:13). Langkah awal dalam proses transesterifikasi adalah mereaksikan 2% dan 5% katalis CaO impregnasi dan metanol dengan perbandingan mol minyak:metanol 1:5 di dalam labu alas bulat yang dilengkapi kondensor, pengaduk magnetik dan termometer. Kemudian minyak hasil esterifikasi dipanaskan pada suhu 105°C selama  $\pm$  1 jam dan diturunkan suhu minyak hasil esterifikasi pada suhu 50°C selanjutnya dicampurkan minyak dengan katalis dan campuran metanol. Pemanasan dilakukan selama 3 jam dengan suhu reaksi 60°C. Setelah reaksi selesai, labu yang berisikan biodiesel didinginkan hingga suhu 50°C. Campuran dimasukkan ke dalam corong pemisah dan didiamkan pada suhu kamar selama 12 jam hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan bawah adalah biodiesel mentah dan lapisan atas adalah gliserol. Biodiesel mentah yang terbentuk dimasukkan ke dalam corong pisah dan dicuci dengan aquades hangat (50-60°C) dengan perbandingan berat biodiesel dan aquades 1:1. Produk biodiesel yang telah didapatkan selanjutnya dianalisa karakteristiknya dengan parameter *yield*, densitas, viskositas kinematic, kadar air, dan kadar metil ester

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa bahan baku CPO ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1  
Analisa ALB bahan baku CPO

Bahan	Densitas (gr/mL)	Asam Lemak Bebas Sebelum Proses Esterifikasi (%)	Asam Lemak Bebas Setelah Proses Esterifikasi (%)
CPO ( <i>Crude Palm Oil</i> )	0,91	18.67	0.99

Hasil analisa biodiesel dengan variasi rasio minyak:metanol ditampilkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2  
Analisa Biodiesel dengan Variasi Rasio Mol (Katalis 2%)

No	Rasio mol minyak:metanol	Jumlah katalis (%b/b)	Yield (%)	Densitas Biodiesel (g/mL)	Viskositas Kinematik 40 °C (Cst)	Kadar air (%)	Metil Ester (%)
1	1 : 5		49,91	0,88	8,20	0,03	-
2	1 : 7		46,47	0,87	7,50	0,04	-
3	1 : 9	2	38,49	0,87	9,04	0,03	-
4	1 : 11		28,79	0,86	7,79	0,03	-
5	1 : 13		27,33	0,76	7,78	0,05	-
SNI 7182:2015				0,85-0,89	2,3-6,0	Max 0,05	Min 96,5

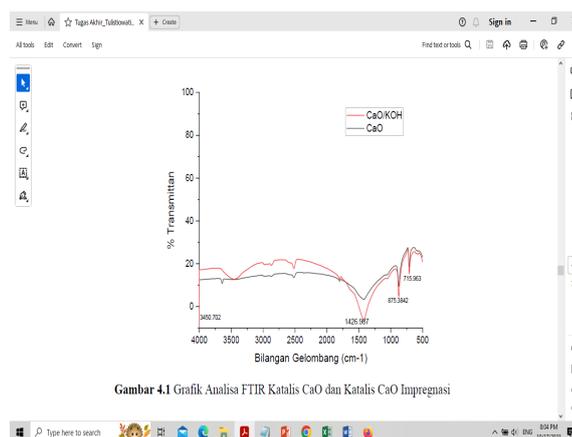
Tabel 3

## Analisa Biodiesel dengan Variasi Rasio Mol (Katalis 5%)

No	Rasio mol minyak:metanol	Jumlah katalis (%b/b)	Yield (%)	Densitas Biodiesel (g/mL)	Viskositas Kinematik 40 °C (Cst)	Kadar air (%)	Metil Ester (%)
1	1 : 5		46,10	0,89	5,13	0,03	-
2	1 : 7		43,24	0,89	4,52	0,03	84,82
3	1 : 9	5	32,46	0,89	4,39	0,04	-
4	1 : 11		30,67	0,89	4,89	0,03	-
5	1 : 13		30,53	0,90	5,58	0,05	-
SNI 7182:2015				0,85-0,89	2,3-6,0	Max 0,05	Min 96,5

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan biodiesel dari CPO menggunakan katalis basa heterogen yakni CaO yang berasal dari cangkang telur bebek dan diimpregnasi dengan KOH dengan variasi rasio mol minyak:metanol 1:5, 1:7, 1:9, 1:11 dan 1:13 dan ditambahkan katalis CaO dari cangkang telur bebek sebanyak 2% dan 5% yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio mol minyak:metanol terhadap densitas, viskositas kinematik, kadar air, *yield* serta kualitas biodiesel yang dihasilkan.

Hasil impregnasi cangkang kerang bebek di karakterisasi dengan tujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada katalis CaO dan katalis yang telah diimpregnasi, karakterisasi dilakukan dengan menggunakan uji analisa FTIR yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik analisa FTIR katalis CaO dan katalis CaO Impregnasi (CaO/KOH)

Tahap awal yang perlu dilakukan dalam pembuatan biodiesel yaitu analisa pada minyak kelapa sawit sebagai bahan baku dengan parameter kadar asam lemak bebas dan densitas. Analisa ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas CPO sebelum digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel serta untuk menentukan tahap reaksi yang akan dilakukan dalam pembuatan biodiesel. Berdasarkan hasil analisa CPO diperoleh kadar asam lemak bebas sebesar 16,38%. Oleh karena itu dilakukan proses esterifikasi selama 3 jam dengan menambahkan katalis  $H_2SO_4$  yang bertujuan untuk mengubah asam lemak bebas menjadi metil ester. Berdasarkan hasil analisa setelah proses esterifikasi, diperoleh kadar asam lemak bebas sebesar 0,99%, dimana proses esterifikasi berjalan dengan baik. Setelah dilakukan proses esterifikasi maka akan dilanjutkan dengan proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi dilakukan selama 3 jam dengan menambahkan katalis CaO yang diimpregnasi dengan KOH agar meningkatkan aktivitas katalis. Hasil dari reaksi transesterifikasi akan membentuk dua lapisan. Lapisan bawah merupakan biodiesel dan lapisan atas adalah gliserol.

Pengaruh variasi jumlah katalis dan rasio mol minyak : metanol mempengaruhi produk biodiesel yang dihasilkan. Berdasarkan data pada Tabel 2 dan 3 terlihat bahwa penggunaan katalis 5% lebih efektif menghasilkan produk biodiesel karena telah memenuhi standar dibandingkan dengan penggunaan katalis 2%. Selain itu penggunaan methanol yang berlebih mengakibatkan pembentukan biodiesel dan gliserol menjadi lebih cepat. Gliserol yang dihasilkan mencapai jumlah stokiometris, gliserol yang kemudian terbentuk akan bereaksi dengan sisi aktif CaO menghasilkan kalsium gliseroksida. Kalsium gliseroksida kurang aktif dalam mengkatalisasi reaksi transesterifikasi. Oleh karena itu, hasil

terbaik untuk produksi biodiesel dalam penelitian ini dengan penggunaan katalis CaO impregnasi sebesar 5% dan variasi rasio mol minyak : metanol 1:7.

Selanjutnya produk biodiesel tersebut dianalisa dengan instrumen *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS). Hasil analisa kadar metil ester menggunakan instrumen GC-MS menunjukkan bahwa biodiesel pada perbandingan rasio mol minyak:metanol (1:24) dengan massa katalis 5% terdapat total kadar metil ester produk sebesar 84,82%. Berdasarkan hasil analisa GC-MS tersebut, menunjukkan bahwa pada hasil biodiesel dengan menggunakan katalis yang telah diimpregnasi dengan massa 5% belum memenuhi syarat mutu biodiesel pada parameter uji kadar metil ester, dimana batas minimal kadar metil ester di SNI 7182:2015 sebesar 96,5%. Hal ini dapat disebabkan pada saat proses transesterifikasi hasil konversi biodiesel mengalami ketidaksempurnaan dikarenakan kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya pembentukan sabun.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh biodiesel terbaik pada variasi rasio mol minyak : metanol 1 : 7 dengan katalis CaO impregnasi 5% didapatkan kesimpulan bahwa cangkang telur bebek dapat dimanfaatkan sebagai katalis biodiesel CaO/KOH impregnasi dengan kualitas biodiesel yang dihasilkan sebagai berikut:

- Yield : 43,24%
- Densitas : 0,89 gr/mL
- Viskositas Kinematik : 4,52 cSt
- Kadar Air : 0,03%
- Kadar metil ester : 84,82%

Hasil tersebut telah memenuhi syarat SNI 7182:2015 kecuali kadar metil ester

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2023). Produksi telur itik/itik manila menurut provinsi. Jakarta. Indonesia. Retrieved <https://www.bps.go.id/indicator/24/492/1/produksi-telur-itik-itik-manila-menurut-provinsi.html>
- Nurhayati, Mukhtar, A., & Abdul, G. (2014). Transesterifikasi Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Katalis Heterogen CaO dari Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Kalsinasi 900°C. *Ind.Che.Acta*, 5(1), 23- 29.

- Nurlaela, A., Dewi, A. U., Dahlan, K., Soejoko, D. S.,(2014). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Dan Bebek Sebagai Sumber Kalsium Untuk Sintesis Mineral Tulang. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 10(2014), 81-85.
- Roschat, W., Siritanon, T., Kaewpuang, T., Yoosuk, B., & Promarak, V. (2016). Economical and Green Biodiesel Production Process Using River Snail Shells-Derived Heterogeneous Catalyst and CoSolvent Method. *Bio Tech*, 209, 343-350.
- Susvira, D., Hartono, R., & Fauzantoro, R. (2022). Synthesis of Biodiesel from Waste Cooking Oil Using Heterogeneous Catalyst (CaO) Based on Duck Eggshell with Transesterification Reaction. *Jurnal Kartika Kimia*, 5(1), 40-43.
- Zheng, S., Kates, M., Dube, M A., & McLean, D D. (2006) ‘Acid-catalyzed production of biodiesel from waste frying oil’, *Biomass and bioenergy*, 30(3), 267–272.