

# Pengaruh Berat Katalis La/ZnO dan Waktu Reaksi terhadap Pembuatan Biodiesel dari *Crude Palm Oil*

Anapuja Khairul<sup>1)</sup>, Syaiful Bahri<sup>2)</sup>, Wisrayetti<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, <sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Kimia,  
Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, 28293  
E-mail: [anapujak@gmail.com](mailto:anapujak@gmail.com)

## ABSTRACT

*Domestic demand for petroleum is increasing while Indonesia's oil reserves are running low leading to high world oil prices. To overcome this it is necessary to develop alternative renewable energy derived from vegetable oil, one of which is biodiesel. Purposes of this research were to produce biodiesel from CPO, having study the effect of different weight of the catalyst and reaction time on process of palm oil biodiesel, determine the characteristics of catalyst La/ZnO. The La/ZnO catalyst is made by impregnate 3 % La into ZnO, then dried using oven and calcination, oxidation and reduction. Production of biodiesel is carried out through two stages: esterification and transesterification. The highest yield resulted on La/ZnO catalyst weight 1% which is 92.46%. Production biodiesel from CPO using La/ZnO catalyst produces biodiesel which can be used as alternative energy, catalyst weight and reaction time are directly proportional to the yield of biodiesel from CPO, La/ZnO catalysts have good selectivity against biodiesel from CPO.*

**Keywords:** *biodiesel, CPO, La/ZnO, transesterification*

## 1. PENDAHULUAN

Permasalahan energi yang dihadapi Indonesia saat ini adalah kebutuhan energi nasional yang semakin meningkat setiap tahun sementara cadangan dan produksi bahan bakar minyak (BBM) semakin terbatas. Total cadangan minyak mentah Indonesia baik yang tersedia maupun yang potensial menurun sekitar 14,47% dari 9,61 milyar barel menjadi 8,22 milyar barel pada tahun 2008. Oleh karena itu untuk memenuhi konsumsi energi dalam negeri, pemerintah mengimpor minyak mentah sekitar 38% dari total produksi dan mengalami peningkatan sejak tahun 2006. Konsumsi energi didominasi oleh bahan bakar minyak bumi sekitar 52,2% dari total konsumsi energi di Indonesia (Kasim, 2010).

Menurunnya total cadangan minyak mentah di Indonesia serta impor minyak bumi yang meningkat dapat menyebabkan kenaikan harga minyak yang semakin tinggi kemudian diikuti kenaikan harga

kenaikan harga kebutuhan pokok, maka diperlukan pengembangan energi alternatif terbarukan. Salah satu bentuk energi alternatif yang saat ini mulai dikembangkan adalah biodiesel.

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif pengganti solar yang ramah lingkungan. Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar mesin diesel dapat menurunkan emisi bila dibandingkan dengan minyak solar. Biodiesel terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui (Prihanto dkk, 2013).

Salah satu katalis heterogen adalah *Zinc Oxide* atau ZnO. ZnO dikenal dengan sifatnya yang stabil dan tidak bersifat toksik serta harga yang relatif murah. ZnO dapat didoping dengan sesama logam (metal-metal) maupun dengan senyawa non logam (metal-non metal) karena sifatnya yang serbaguna, kemudahan dalam pembuatan, dan biaya yang relatif murah. Salah satu

logam yang dapat digunakan yaitu lantanum dari lantanum oksida.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah CPO, ZnO, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, gas N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>, *aquadest*, metanol, etanol 96%, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,2 N dan KOH 0,1 N.

Alat-alat yang digunakan yaitu labu leher tiga ukuran 500 ml, reaktor alas datar ukuran 1 liter, *heating mantel*, kertas saring, gelas ukur 100 ml, oven, *magnetic stirrer*, *furnace tube*, timbangan analitik, tabung serta regulator gas N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, kondensor, *thermometer*, viskometer *oswald*, gelas piala, labu ukur 1 L, piknometer 10 ml, cawan penguap, buret, erlenmeyer, pipet tetes, statif dan klem, kromatografi gas - spektrometer massa (GC - MS), SEM.

### 2.2 Pembuatan Katalis P Pengembangan (Impregnasi) Logam La

Proses pembuatan 3% La yaitu sebanyak 3,5 gram La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> padat dilarutkan dalam 200 ml aquades, kemudian sampel 50 gram ZnO dicampurkan ke dalam larutan La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan pada temperatur 60°C selama 3 jam, kemudian disaring dan dicuci berulang kali, dikeringkan dalam oven 120 °C selama 3 jam diperoleh sampel La/ZnO.

Katalis La/ZnO selanjutnya dikalsinasi pada temperatur 500 °C selama 4 jam menggunakan gas N<sub>2</sub> sebesar 400 ml/menit, dilanjutkan dengan oksidasi pada temperatur 400 °C menggunakan gas O<sub>2</sub> sebesar 400 ml/menit selama 2 jam, dan reduksi reduksi pada temperatur 400 °C menggunakan gas H<sub>2</sub> sebesar 400 ml/menit selama 2 jam. Katalis dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX.

### 2.3 Pembuatan Biodiesel

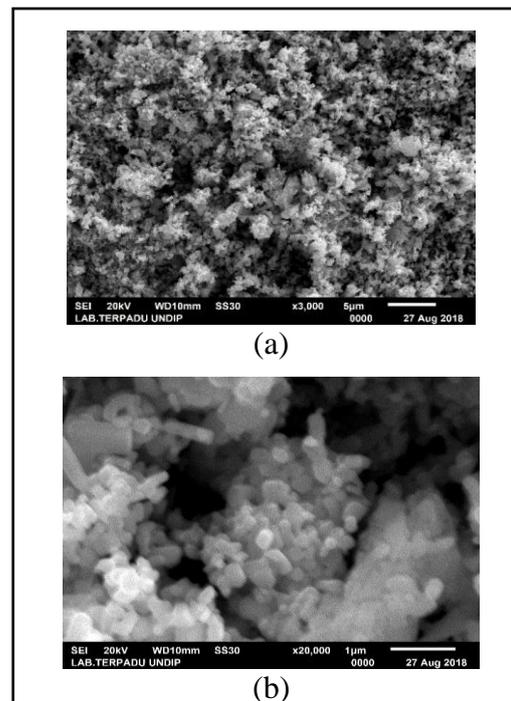
CPO yang digunakan memiliki kadar asam lemak bebas diatas 2%, maka harus dilakukan esterifikasi terlebih dahulu menggunakan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,2 N sebanyak 1%. Proses transesterifikasi pada

temperatur 60 °C, rasio mol minyak : metanol 1 : 9, dengan variasi berat katalis 1, 2 dan 3%, serta waktu reaksi 60, 90, dan 120 menit. Selanjutnya produk dimurnikan hingga diperoleh biodiesel dan dihitung *yield* nya.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Karakterisasi Katalis La/ZnO

Hasil analisis SEM dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil analisis EDX dapat dilihat pada Tabel 1.



**Gambar 1.** Morfologi Permukaan Katalis La/ZnO, (a) Perbesaran 3.000x (b) Perbesaran 20.000x

Gambar 1 menunjukkan morfologi permukaan katalis yang memiliki bentuk tidak teratur dan di sela – selanya terdapat banyak rongga pori – pori dengan ukuran yang berbeda – beda. Terlihat pada gambar adanya logam La yang tersebar dengan ukuran molekul tidak merata pada permukaan ZnO dengan bentuk bulat ataupun lonjong yang tidak beraturan.

Terdapat pori diantara partikel disebabkan oleh proses kalsinasi karena terjadinya penguapan beberapa senyawa kimia dan air. Perubahan struktur pada permukaan katalis yang berpori

menyebabkan luas permukaan katalis meningkat. Komponen – komponen yang terdapat di dalam katalis dapat diketahui melalui analisis EDX pada Tabel 1.

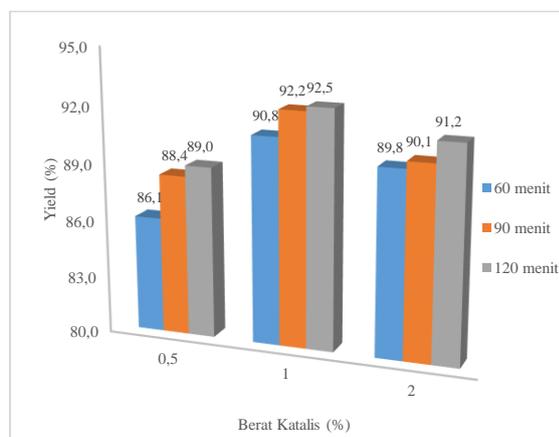
**Tabel 1.** Hasil Analisis EDX La/ZnO

| Komponen     | Komposisi (% Berat) |
|--------------|---------------------|
| C            | 10,30               |
| O            | 17,46               |
| Zn           | 1,65                |
| Zr           | 1,38                |
| La           | 2,94                |
| <b>Total</b> | <b>100</b>          |

Hasil analisis katalis La/ZnO terdapat lima komponen pada katalis dengan jumlah logam La yaitu 2,94%. Berdasarkan perhitungan, logam La yang terimpregnasi seharusnya adalah 3%. Berkurangnya kadar La didalam katalis kemungkinan disebabkan oleh pada saat proses impregnasi pencampuran kurang homogen sehingga hanya sedikit logam La yang terimpregnasi kedalam ZnO dan selebihnya larut dengan aquades dan ikut tersaring pada saat pemisahan katalis yang berupa padatan dengan cairan (aquades).

### 3.2 Pengaruh Berat Katalis La/ZnO dan Waktu Reaksi terhadap Perolehan Biodiesel

Data hubungan antara *yield* biodiesel terhadap berat katalis pada variasi waktu reaksi dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Hubungan antara *Yield* Biodiesel terhadap Berat Katalis pada Variasi Waktu

Gambar 2 menunjukkan bahwa *yield* biodiesel tertinggi terdapat pada penggunaan katalis 1% pada waktu 120 menit dan *yield* biodiesel terendah terdapat pada penggunaan katalis 0,5% pada waktu 60 menit. Syamsuddin dkk (2016), menyebutkan bahwa waktu reaksi berbanding lurus dengan konversi yaitu semakin lama waktu reaksi berlangsung maka kemungkinan kontak antar zat semakin besar sehingga akan menghasilkan konversi yang tinggi. Jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai maka dengan bertambahnya waktu reaksi tidak akan menguntungkan karena tidak memperbesar hasil.

Pertambahan jumlah katalis akan meningkatkan kecepatan reaksi sehingga *yield* biodiesel yang dihasilkan meningkat. Hal ini disebabkan karena dengan besarnya jumlah katalis akan semakin menurunkan energi aktivasi sehingga meningkatkan jumlah molekul yang teraktifkan yang mengakibatkan kecepatan reaksi meningkat. Penurunan *yield* biodiesel pada penggunaan katalis 2% kemungkinan disebabkan oleh kesetimbangan reaksi yang sudah tercapai sehingga tidak terjadi lagi penambahan jumlah *yield* biodiesel.

Syamsuddin dkk (2016), menyebutkan bahwa semakin tinggi persen katalis yang digunakan, *yield* biodiesel juga akan semakin meningkat. Namun jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai maka dengan bertambahnya persen katalis tidak akan memperbesar hasil. Pada pembuatan biodiesel ini reaksi berjalan secara *reversible* sehingga semakin banyak katalis akan mempengaruhi laju pembentukan biodiesel dan reaksi akan kembali seperti semula.

### 3.3 Karakterisasi Sifat Fisika dan Kimia Biodiesel

Data hasil karakterisasi fisika biodiesel yang dibandingkan dengan SNI 04-7128-2015 dapat dilihat pada Tabel 2. Data hasil karakterisasi kimia biodiesel dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 2.** Hasil Karakterisasi Fisika Biodiesel

| Berat Katalis           | Waktu Reaksi (menit) | Densitas pada 40°C (kg/m <sup>3</sup> ) | Viskositas pada 40°C (cSt) | Angka Asam (mg-KOH/g) | Titik Nyala (°C) | Yield (%)    |
|-------------------------|----------------------|---|----------------------------|-----------------------|------------------|--------------|
|                         | 60                   | 865                                     | 5,097                      | 0,524                 | 126              | 90,84        |
| 1%                      | 90                   | 859                                     | 5,084                      | 0,483                 | 124              | 92,22        |
|                         | <b>120</b>           | <b>857</b>                              | <b>5,053</b>               | <b>0,524</b>          | <b>127</b>       | <b>92,46</b> |
| <b>SNI 04-7128-2015</b> |                      | <b>850 – 890</b>                        | <b>2,3 – 6,0</b>           | <b>Maks. 0,5</b>      | <b>Min. 100</b>  |              |

Tabel 2 menunjukkan bahwa densitas biodiesel hasil penelitian berada pada *range* nilai berdasarkan SNI 850-890 kg/m<sup>3</sup>, sehingga penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna. Menurut Febrian (2016), nilai densitas biodiesel dipengaruhi oleh berat molekul komponen – komponen yang terkandung didalam biodiesel. Semakin berat komponen-komponen yang terkandung, maka semakin tinggi nilai densitasnya. Semakin kecil densitas *biofuel* maka akan semakin baik digunakan sebagai bahan bakar karena semakin ringan.

Viskositas yang dihasilkan pada penelitian ini telah sesuai dengan syarat mutu biodiesel berdasarkan SNI 04-7128-2015. Tinggi rendahnya viskositas biodiesel dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan (Febrian, 2016) dan proses transesterifikasi yang kurang sempurna dikarenakan suhu yang tidak konstan (Siregar, 2016).

Angka asam biodiesel hasil penelitian bervariasi yaitu 0,4 sampai 0,6. Beberapa sampel biodiesel memiliki angka asam >5. Menurut SNI 04-7128-2015 angka asam maksimum untuk syarat mutu biodiesel yaitu 0,5 mg KOH/g biodiesel, artinya beberapa sampel biodiesel yang dihasilkan memiliki angka asam tidak sesuai standar maksimum yang diizinkan.

Tingginya angka asam ini disebabkan oleh bahan baku CPO memiliki ALB yang tinggi yaitu 3,48% serta kemungkinan disebabkan oleh masih terdapat sedikit air didalam biodiesel sehingga terjadi reaksi hidrolisis yang menyebabkan angka asam meningkat.

Titik nyala biodiesel hasil penelitian yaitu diatas 100°C. Nilai tersebut telah sesuai dengan SNI 04-7128-2015 yaitu minimal 100 °C, sehingga biodiesel berada dalam batas aman terhadap bahaya kebakaran selama penyimpanan, penanganan dan transportasi. Titik nyala berhubungan dengan keamanan dan keselamatan, terutama dalam pengendalian dan penyimpanan. Titik nyala mengindikasikan tinggi rendahnya volatilitas dan kemampuan untuk terbakar dari suatu bahan bakar.

**Tabel 3.** Komponen Metil Ester

| Peak | Komponen         | Rumus Molekul                                  | Area (%) |
|------|------------------|--|----------|
| 1    | Methyl Oleat     | C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> | 49,49    |
| 2    | Methyl Palmitate | C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> | 41,31    |
| 3    | Methyl Stearate  | C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub> | 5,29     |
| 4    | Methyl Myristate | C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub> | 1,29     |
| 5    | Methyl Linoleat  | C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> | 1,61     |

Tabel 3 menunjukkan lima puncak tertinggi komatogram biodiesel yang telah diterjemahkan ke dalam tabel. Lima puncak tertinggi tersebut mengandung metil ester yang terdiri dari metil ester oleat, metil ester palmitat, metil ester stearat, metil ester miristat, dan metil ester linoleat yang merupakan komponen-komponen dalam biodiesel dimana sebagian besar trigliserida telah terkonversi menjadi metil ester.

Terkonversinya sebagian besar trigliserida menjadi metil ester

membuktikan kemampuan (selektivitas) katalis La/ZnO untuk menghasilkan produk yang dikehendaki dipengaruhi oleh berat katalis dan waktu reaksi.

Untuk mengetahui selektivitas katalis La/ZnO maka hasil analisa biodiesel dibandingkan dengan hasil analisa biodiesel menggunakan katalis lain. Perbandingan hasil analisa GC-MS biodiesel berbahan baku CPO dari penelitian – penelitian sebelumnya dapat dilihat di Tabel 4.

**Tabel 4.** Perbandingan Komponen Biodiesel dari CPO

| Katalis | Komponen terbanyak      | Jumlah (%) |
|---------|-------------------------|------------|
| La/ZnO  | <i>Methyl oleate</i>    | 49,49      |
|         | <i>Methyl palmitate</i> | 41,31      |
|         | <i>Methyl linoleate</i> | 1,61       |
| La/NZA  | <i>Methyl palmitate</i> | 28,57      |
|         | <i>Methyl oleate</i>    | 39,50      |
|         | <i>Methyl linoleate</i> | 8,67       |
| KOH     | <i>Methyl palmitate</i> | 42,55      |
|         | <i>Methyl oleate</i>    | 41,19      |
|         | <i>Methyl linoleate</i> | 9,34       |

Tabel 4 menunjukkan jumlah komponen metil ester yang diperoleh dari masing – masing hasil produksi biodiesel berbahan baku CPO dengan katalis yang berbeda – beda. Katalis La/ZnO yang digunakan dapat mengkonversi trigliserida dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya tiga komponen metil ester yang diperoleh dan dibandingkan dengan penggunaan katalis lainnya. Selektivitas yang baik ini menunjukkan bahwa katalis heterogen La/ZnO mampu menghasilkan biodiesel.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yaitu pembuatan biodiesel dari CPO dengan menggunakan katalis La/ZnO menghasilkan biodiesel yang dapat digunakan sebagai energi alternatif. Semakin berat katalis yang digunakan maka akan semakin besar *yield* biodiesel yang

dihasilkan, namun apabila kesetimbangan sudah tercapai maka penambahan berat katalis tidak membuat penambahan *yield* biodiesel. Semakin lama waktu reaksi yang digunakan maka akan semakin besar *yield* biodiesel yang dihasilkan. Karakterisasi biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu biodiesel SNI 04-1782-2015. Katalis La/ZnO memiliki selektivitas yang cukup baik dalam pembuatan biodiesel dari CPO dibandingkan dengan katalis homogen dan heterogen lainnya.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Febrian, R. 2016. Pirolisis Kulit Kayu Pinus Merkusii menjadi Bio-Oil menggunakan Katalis Cr/Lempung. *Skripsi*. Program Sarjana Universitas Riau. Pekanbaru.
- Kasim, R. 2010. Desain Esterifikasi Menggunakan Katalis Zeolit Pada Proses Pembuatan Biodiesel Dari Crude Palm Oil (CPO) Melalui Metode Dua Tahap Esterifikasi- Transesterifikasi. *Tesis*. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Prihanto, A., Pramudono, B dan Santosa, H. 2013. Peningkatan Yield Biodisel dari Minyak Biji Nyamplung melalui Transesterifikasi Dua Tahap. *Momentum*. 9 : 46-53.
- Siregar, R.V. 2016. Esterifikasi dan Transesterifikasi Serentak menggunakan katalis La/L dalam Meningkatkan Produksi Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Callophyllum inophyllum*). *Skripsi*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Syamsuddin, Y., Murat, M.N dan Hameed, B.H. 2016. Synthesis of Fatty Acid Methyl Ester from The Transesterification of High and Low-Acid-Content Crude Palm Oil (*Elaeis guineensis*) and Karanj Oil (*Pongamia pinnata*) over a Calcium-Lanthanum-Aluminium Mixed-Oxides Catalyst. *Bioresource Technology*. 214 (16) : 248-25