

Pengaruh Rasio Mol Minyak : Metanol Terhadap Sintesis Biodiesel dari CPO (*Crude Palm Oil*) Menggunakan Katalis La/ZnO

¹Nada Ibtihal Yumna, ²Syaiful Bahri, ²Panca Setia Utama

¹Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Kimia ²Dosen Jurusan Teknik Kimia,
Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

nada.ibtihal@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The synthesis of biodiesel is affected by several factors, one of them is the mole ratio of oil to methanol. Producing biodiesel need excess amount of methanol to increase biodiesel yield. The effect of mole ratio of oil to methanol of 1:9; 1:12; 1:18 and the amount of La impregted to ZnO of 1%; 2%; 3%; 6% to the biodiesel yield were studied. The impregnation of La into ZnO was done by maxing La₂O₃ and ZnO, and then the calcination process was applied for 6 hours at 500 °C using N₂ gas. The oxidation process was done for 2 hours at 400 °C using O₂ gas. The reduction process was done for 2 hours at 400°C using H₂ gas in order to reduce oxygen in La₂O₃. The esterfication process was done in 1000 cm³ stirred glass reactor, the operating conditions were temperature of 60 °C and time of 60 minutes. After that, the transesterification process was done using the same equipment. The operating conditions were temperature of 60 °C and time of 90 minutes, stirring speed of 400 RPM, and amount of catalyst was 1% (w/w) oil. The highest biodiesel yield of 90.937 % was obtained at the mole ratio of oil to methanol 1:18 and amount of La impregted into ZnO of 6 %. Physical characteristic of biodiesel obtained were density of 881 kg/m³, kinematic viscosity of 3.53 mm²/s, acid number of 0.423 mg-KOH/g biodiesel and flash point of 148 °C which is in accordance to the standard of Indonesian Biodiesel (SNI 04-7128-2015).

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

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak bumi di dunia namun sampai saat ini masih mengimpor Bahan Bakar Minyak (BBM) untuk mencukupi kebutuhan bahan bakar minyak di berbagai sektor. Peningkatan kebutuhan bahan energi terutama bahan bakar fosil telah menyebabkan penurunan cadangan minyak dunia sehingga bahan ini menjadi semakin langka. Selama tahun 2000-2011, konsumsi energi fosil meningkat rata-rata 3% per tahun. Konsumsi energi fosil terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi, penduduk, industri, dan transportasi serta kebijakan yang ditetapkan oleh pemerintah. Pertumbuhan rata-rata kebutuhan energi diperkirakan akan terus meningkat sebesar 4,7% per tahun selama tahun 2011-2030 (Daud, 2014).

Oleh karena itu, diperlukan suatu terobosan baru untuk 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 solar. Biodiesel terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui (Prihanto dkk, 2013).

Berbagai minyak nabati telah diteliti untuk menghasilkan biodiesel yang memenuhi syarat sebagai bahan bakar mesin diesel. Salah satu minyak nabati yang banyak digunakan sebagai bahan baku biodiesel adalah minyak kelapa sawit.

Indonesia merupakan salah satu penghasil CPO (*Crude Palm Oil*) terbesar di dunia, sehingga dilihat dari kesiapan dalam penyediaan, CPO dari kelapa sawit mempunyai potensi yang besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku utama produksi biodiesel. Perkebunan kelapa sawit yang pengelolaannya terdiri atas perkebunan rakyat, perkebunan negara atau Badan Umum Milik Negara (BUMN), dan perkebunan swasta mencapai luas 5,4 juta hektar. Total produksi pada tahun 2004 mencapai 11,78 juta ton CPO atau produksi rata-rata dari setiap hektar perkebunan sawit adalah 2,17 ton per hektar (Sugiyono, 2006).

Pembuatan biodiesel biasanya menggunakan katalis homogen asam atau basa. Namun penggunaan katalis homogen memiliki kelemahan, yaitu lebih sulit dipisahkan dari produk hasil reaksi karena memiliki fasa yang sama dengan reaktannya, serta menghasilkan limbah yang beracun. Selain itu, penggunaan katalis homogen seperti katalis alkali pada reaksi transesterifikasi menyebabkan mudahnya terjadi reaksi saponifikasi (Desadria dkk, 2016). Untuk mengatasi masalah tersebut, maka dikembangkan katalis heterogen karena katalis heterogen lebih stabil, tidak menyebabkan korosi pada peralatan dan ramah lingkungan dibanding katalis homogen (Husin dkk, 2015).

Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai katalis heterogen adalah ZnO. Katalis ZnO telah digunakan secara komersial, memiliki keunggulan dibandingkan katalis homogen karena sisa katalis yang terdapat pada produk dapat digunakan berulang kali dan sangat mudah dilakukan proses pemisahan, juga memiliki umur katalis yang panjang dan tidak korosif. Untuk meningkatkan kinerja katalis maka perlu ditambahkan logam terhadap ZnO. Salah satu logam yang tepat digunakan adalah Lantanum (La) yang digunakan sebagai logam pengemban untuk meningkatkan produksi biodiesel. Katalis La berfungsi untuk meningkatkan aktivitas,

stabilitas dan selektivitas dari katalis (Siregar, 2016).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Crude Palm Oil* (CPO) yang diperoleh dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS) PTPN V sei. Pagar, Kec. Perhentian Raja, Kab. Kampar, ZnO (*pharma grade*), La₂O₃ (*pa*), gas N₂, O₂, dan H₂, *aquadest*, metanol (*pa*), etanol 96%, H₂SO₄ 1,2 N, dan KOH 0,1 N, indikator *phenolphthalein*, asam oksalat.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor alas datar ukuran 1 liter, kertas saring, gelas ukur 100 ml, oven, *magnetic stirrer*, *furnace tube*, timbangan analitik, tabung serta regulator gas N₂, O₂, H₂, kondensor, *thermometer*, piknometer, viskometer *Oswald*, gelas piala, labu ukur 1 L, piknometer 10 ml, cawan penguap, buret, erlenmeyer, pipet tetes, statif dan klem.

2.2 Variabel

Variabel berubah pada penelitian ini adalah rasio mol minyak metanol 1:9, 1:12, dan 1:18, serta variasi pengembangan logam La 1%, 2%, 3%, dan 6% (b/b) ZnO.

2.3 Pembuatan Katalis La/ZnO

a) Impregnasi Logam La

La₂O₃ padat 1% sebanyak 1,172 gr dilarutkan dalam 200 ml aquades, kemudian ZnO sebanyak 50 gr dicampurkan ke dalam larutan La₂O₃ dengan dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan menggunakan *heating mantel* 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. Jumlah variasi logam yang diembankan yaitu 2%, 3%, dan 6% b/b terhadap berat sampel ZnO. Setelah impregnasi dilanjutkan proses kalsinasi, oksidasi, dan reduksi katalis, dimana katalis La/ZnO dimasukkan ke dalam *tube* sebanyak 10 gram. Sebelumnya

ke dalam *tube* telah diisi dengan *porcelain bed* sebagai *heat carrier* dan penyeimbang unggun katalis, diantara *porcelain bed* dengan unggun katalis diselipkan *glass woll*. *Tube* ditempatkan dalam *tube furnace* secara vertikal, dikalsinasi pada temperatur 500 °C dengan waktu 6 jam sambil dialirkan gas nitrogen sebesar 400 ml/menit, dilanjutkan dengan oksidasi pada temperatur 400 °C menggunakan gas oksigen sebesar 400 ml/menit selama 2 jam dan reduksi pada temperatur 400 °C menggunakan gas hidrogen sebesar 400 ml/menit selama 2 jam.

2.4 Pembuatan Biodiesel

CPO yang digunakan memiliki kadar asam lemak bebas diatas 2%, maka harus dilakukan proses esterifikasi terlebih dahulu menggunakan katalis H₂SO₄ 1,2 N sebanyak 1%. Selanjutnya, proses transesterifikasi pada suhu 60°C, waktu 90 menit, kecepatan pengadukan 400 rpm, dan berat katalis 1% (b/b) minyak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi Katalis La/ZnO

Hasil analisa EDX dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil analisa BET dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1 Hasil Analisa EDX Katalis

No.	Sampel	1% La/ZnO	2% La/ZnO	3% La/ZnO	6% La/ZnO
	Komponen	Komposisi (%berat)	Komposisi (%berat)	Komposisi (%berat)	Komposisi (%berat)
1.	Al	-	-	1,73	1,80
2.	C	16,39	12,37	8,99	6,43
3.	La	1,73	6,84	10,31	11,91
4.	O	21,68	19,06	29,37	27,74
5.	Si	-	-	8,15	8,00
6.	Zn	60,20	61,73	41,45	44,12

Pada Tabel 1 memperlihatkan hasil analisa EDX dari La/ZnO yang digunakan untuk mengetahui jenis dan komposisi unsur yang ada. Pada Tabel tersebut masih terdapat beberapa unsur yang berikatan seperti SiO₂, Al₂O₃.

Tabel 2 Hasil Analisa Luas Permukaan

No.	Katalis	Luas Permukaan (m ² /g)
1.	1% La/ZnO	13,579
2.	2% La/ZnO	14,352
3.	3% La/ZnO	14,590
4.	6% La/ZnO	15,253

Tabel 2 menunjukkan bahwa luas permukaan katalis meningkat dengan bertambahnya jumlah logam La yang diimpregnasi. Logam yang telah tersebar masuk kedalam pori-pori ZnO selain itu logam La juga dapat memperkokoh pori pada ZnO sehingga luas permukaan tidak berkurang. Jumlah pori yang semakin banyak menyebabkan luas permukaan katalis semakin besar. Semakin besar luas permukaan katalis, maka akan semakin besar kontak antara reaktan dengan permukaan katalis sehingga aktivitas katalis semakin meningkat dan pembentukan produk semakin banyak.

3.2 Karakterisasi Biodiesel

a) Analisa Sifat Fisika Biodiesel

Data hasil analisa sifat fisika biodiesel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Karakterisasi Fisika Biodiesel

Katalis	Rasio Minyak : Metanol	Densitas pada 40°C (kg/m ³)	Viskositas pada 40°C (cSt)	Angka Asam (mg-KOH/g)	Titik Nyala (°C)	Yield (%)
1% La/ZnO	1:9	853	4,89	0,499	126	60,437
	1:12	860	4,57	0,495	133	71,712
	1:18	863	4,25	0,483	137	74,112
2% La/ZnO	1:9	867	3,71	0,479	140	78,762
	1:12	862	4,83	0,495	134	71,887
	1:18	864	4,412	0,487	138	75,687
3% La/ZnO	1:9	869	4,01	0,483	143	79,087
	1:12	872	3,63	0,467	142	80,9
	1:18	875	4,79	0,455	142	83,175
6% La/ZnO	1:9	877	4,31	0,451	143	84,437
	1:12	879	3,68	0,439	145	87,550
	1:18	881	3,53	0,423	148	90,937
SNI 04-7128-2015		850 – 890	2,3 – 6,0	Maks. 0,5	Min. 100	

Tabel 3 menunjukkan bahwa densitas biodiesel hasil penelitian berada pada *range* nilai berdasarkan SNI. Densitas merupakan perbandingan antara massa per satuan volume. Densitas terbesar dihasilkan pada penggunaan katalis 6%La/ZnO yaitu 881 kg/m³. Nilai densitas biodiesel dipengaruhi oleh berat molekul komponen-komponen yang terkandung didalam biodiesel. Semakin berat komponen-komponen yang

terkandung, maka semakin tinggi nilai densitasnya (Febrian, 2016).

Viskositas biodiesel yang diperoleh dari hasil penelitian ini berada dalam *range* SNI biodiesel tahun 2015. Viskositas pada katalis 6% La/ZnO yaitu sebesar 3,53 cSt. Viskositas yang tinggi menyebabkan biodiesel sulit mengalir sehingga meningkatkan biaya instalasi perpipaan untuk mendistribusikan biodiesel, dan juga nilai viskositas yang terlalu tinggi dapat membuat atomisasi bahan bakar dan udara menjadi kurang baik yaitu berupa evaporasi yang lebih miskin sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna (Siti, 2017). 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 memiliki nilai yang memenuhi standar yaitu 0,48 pada penggunaan katalis 6% La/ZnO dengan rasio minyak : metanol 1:18. Angka asam menyatakan kandungan asam lemak bebas yang terdapat didalam biodiesel, semakin tinggi angka asam maka semakin banyak kandungan asam lemak bebas. Angka asam menentukan mutu biodiesel yang baik atau tidak. Angka asam yang besar akan mempengaruhi peningkatan laju korosi dari mesin kendaraan, semakin tinggi angka asam maka korosivitasnya semakin tinggi (Haryanto dkk, 2015).

Titik nyala mengindikasikan tinggi rendahnya volatilitas dan kemampuan untuk terbakar dari suatu bahan bakar. Titik nyala biodiesel hasil penelitian ini sudah memenuhi standar mutu berdasarkan SNI yaitu memiliki nilai diatas 100°C. Hal ini menyatakan bahwa biodiesel berada pada batas aman terhadap bahaya kebakaran saat penyimpanan maupun saat pendistribusian. Titik nyala biodiesel pada penggunaan katalis 6% La/ZnO yaitu 148°C.

Yield biodiesel yang diperoleh bervariasi, perolehan *yield* tertinggi pada penggunaan katalis 6% La/ZnO dan rasio minyak metanol 1:18 adalah 90,937%.

Perolehan *yield* untuk katalis 6% La/ZnO lebih banyak dibandingkan dengan katalis 1% La/ZnO, 2% La/ZnO, dan 3% La/ZnO.

b) Analisa Sifat Kimia Biodiesel

Analisa sifat kimia biodiesel diuji dengan menggunakan GC-MS. Biodiesel yang dianalisa dengan *yield* tertinggi yaitu pada penggunaan katalis 6% La/ZnO pada rasio mol minyak : metanol 1:18. Analisa GC-MS bertujuan untuk mengetahui senyawa-senyawa kimia yang terdapat didalam biodiesel.

Hasil uji GC-MS biodiesel pada katalis 6% La/ZnO pada rasio mol minyak : metanol 1:18 menunjukkan empat puncak tertinggi yang mengandung metil ester yang terdiri dari metil ester palmitat (42,32%), metil ester oleat (38,82%), metil ester linoleat (8,52%), dan metil ester stearat (4,52%). Hal ini sesuai dengan empat komponen asam tertinggi pada bahan baku CPO yang terdiri dari asam palmitat (44,0%), asam oleat (39,2%), asam linoleat (10,1%), dan asam stearat (4,5%). Empat puncak tertinggi ini merupakan komponen-komponen dalam biodiesel yang sebagian besar trigliserida telah terkonversi menjadi metil ester.

3. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yaitu biodiesel berbahan baku CPO dapat diproduksi menggunakan katalis La/ZnO. Katalis terbaik adalah La(6%)/ZnO dengan ratio mol minyak : metanol 1:18 yang menghasilkan *yield* tertinggi yaitu 90,937%. Biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu biodiesel berdasarkan SNI 04-1782-2015. Katalis La/ZnO memiliki selektivitas yang baik terhadap pembentukan metil palmitat dalam pembuatan biodiesel.

DAFTAR PUSTAKA

Daud, M. 2014. *Bioenergi dari Bahan Non Pangan* (Jembatan Antara Ketahanan Energi, Pangan dan Hutan Lestari Indonesia). <http://medialingkungan.com>.

- Diakses pada tanggal 24 November 2017.
- Desadria, R., Yusnimar, Herlianty., S. 2016. *Pengujian Katalis ZnO Presipitan Zink Karbonat pada Transesterifikasi CPO FFA Tinggi*. Skripsi. Program Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau. Pekanbaru.
- Febrian, R. 2016. *Pirolisis Kulit Kayu Pinus Merkusii menjadi Bio-Oil menggunakan Katalis Cr/Lempung*. Skripsi. Program Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau. Pekanbaru.
- Haryanto A., Silviana A., Triyono S., dan Prabawa S. 2015. *Produksi Biodiesel dari Transesterifikasi Minyak Jelantah dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya dan Waktu Reaksi Terhadap Rendemen dan Karakteristik Biodiesel*. AGRITECH, Vol. 35, No.2.
- Husin. H., Hasfita, F., Rinaldi, W. 2015. *Preparasi Katalis Abu Kulit Kerang untuk Transesterifikasi Minyak Nyamplung Menjadi Biodiesel*. AGRITECH. 35.
- Prihanto A., B. Pramudoyono., dan H. Santosa. 2013. *Peningkatan Yield Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung Melalui Transesterifikasi Dua Tahap*. Momentum. 9, 46-53.
- Siti, N.C.H. 2017. *Karakterisasi Unjuk Kerja Mesin Diesel Generator Set Sistem Dual Fuel Biodiesel Minyak Sawit dan Syngas dengan Penambahan Preheating sebagai Pemanas Bahan Bakar*. Hal 1.
- Siregar, R.V.M. 2016. *Produksi Biodiesel dari Minyak Nyamplung menggunakan Katalis La/lempung*. Skripsi. Program Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau. Pekanbaru.
- Sugiyono, A. 2006. *Peluang Pemanfaatan Biodiesel dari Kelapa Sawit sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Solar di Indonesia*. Jurnal Prospek Pengembangan Bio-fuel sebagai Bahan Bakar Minyak. PTPSE, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Yan, S., S.O. Salley., and K.Y.S. Ng. 2009. *Simultaneous Transesterification and Esterification of Unrefined or Waste Oils Over ZnO–La₂O₃ Catalysts*. *Applied. Catalysis A: General*. 353, 203–212.