

Pengaruh Berat Katalis La/ZnO dan Kecepatan Pengaduk Terhadap Produksi Biodiesel dari *Crude Palm Oil* (CPO) (*Elaeis guineensis Jacq*)

¹Al Swendo Musbar, ²Syaiful Bahri, ²Yelmida

¹Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Kimia ²Dosen Jurusan Teknik Kimia,
Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293
al.swendo@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Biodiesel is one of the alternative fuel substitute environmentally friendly solar. The use of biodiesel as fuel for diesel engines can lower emissions compared to petroleum diesel. Total petroleum reserves are declining causes high world oil prices, to address this then required the development of renewable alternative energy derived from vegetable oils, biodiesel that is one of them. This research aims to produce biodiesel from CPO uses a heterogeneous catalyst La/ZnO, determine the characteristics of the catalyst and biodiesel as well as determine the selectivity of the catalyst La/ZnO. La/ZnO catalyst made of metal by way of La in the impregnation into the ZnO with 3% (b/b) ZnO, drained using the oven and calcination, oxidation and reduction. The process of making biodiesel is made through one stage of esterification and Transesterification was conducted simultaneously, stirring speed variation (200, 300, and 400 rpm) catalyst weight variation of ZnO 0.5 l, 1.5 and 2%, weight 80 grams and CPO sample methanol oil ratio against methanol 1:9 is inserted into the reactor for Transesterification reaction lasts for 60 minutes at a temperature of 60 ° c. This research resulted in the largest biodiesel yield on never stirring 200 rpm with a weight of catalyst 1% of 92.48%. Characteristics of catalyst has a surface area of 14.590 m²/gr La/ZnO catalyst has a good selectivity againts methyl palmitate.

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

1. PENDAHULUAN

Saat ini Indonesia tengah menghadapi permasalahan yang juga dihadapi dunia global yaitu permasalahan energi. Data menunjukkan pada tahun 2011, minyak masih menjadi energi dengan pangsa terbesar yang mencapai 49,5 persen dari jumlah total energi sebesar 1.176 miliar Setara Barel Minyak (SBM). Pangsa terbesar selanjutnya adalah Batubara dan Gas dengan jumlah proporsi masing-masing sebesar 26 persen dan 20,4 persen. Hal ini menunjukkan sangat tingginya ketergantungan Indonesia terhadap energi fosil yang mencapai 95 persen (BPPN, 2012). Kebutuhan bahan bakar ini selalu meningkat, di Indonesia seiring dengan penggunaannya di bidang industri maupun transportasi. Ketersediaan bahan bakar minyak bumi terbatas dan sifatnya tidak terbarukan, sehingga diprediksikan akan ada

kelangkaan bahan bakar minyak. Neraca energi fosil Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Neraca Energi Fosil Indonesia

No	Energi Fosil (Tidak terbarukan)	Sumber Daya (SD)	Cadangan (Cad)	Rasio SD/Cad (%)	Produksi (Prod)	Rasio Cad/Prod (Tahun)
1	Minyak Bumi	56,6	7,99	14	0,346	23
2	Gas Bumi	334,5	159,64	51	2,9	
3	Batu Bara	104,8	20,98	18	0,254	83

Sumber : BPPN (2012)

Kelangkaan inilah yang menimbulkan adanya krisis energi di dunia, sehingga membutuhkan sumber energi alternatif diantaranya biodiesel (Riyanti dkk, 2012). Oleh karena itu sangat diperlukan inovasi untuk menciptakan energi terbarukan (BBM) diantaranya adalah bahan baku dapat diperbaharui (*renewable*). Harapannya energi

yang digunakan di masa akan datang merupakan sumber energi yang baru dan terbarukan, yang lebih ramah lingkungan tidak menambah parah terjadinya polusi udara, terutama timbulnya emisi gas CO_x, NO_x dan SO_x. 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).

Biodiesel dapat diproduksi dari berbagai sumber minyak dan lemak. Salah satu minyak nabati yang banyak digunakan sebagai bahan baku biodiesel adalah minyak kelapa sawit. Indonesia merupakan salah satu penghasil *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia pada tahun 2015 telah mencapai 11,30 juta hektar. Perkembangan produksi minyak sawit (CPO) produksi kelapa sawit nasional dalam wujud minyak sawit (CPO) juga terus meningkat setiap tahun. Pada tahun 1980 produksi CPO Indonesia hanya sebesar 721,17 ribu ton, dan naik menjadi 33,50 juta ton. Tahun 2011 sampai dengan 2015 meningkat sekitar 5,38 sampai dengan 8,42 persen per tahun. Pada tahun 2016 tumbuh rata-rata sebesar 11,50% per tahun. Peningkatan produksi CPO selama kurun waktu tersebut terutama terjadi pada Perkebunan Rakyat (PR) sebesar 54,47% dan Perkebunan Besar Swasta (PBS) sebesar 13,93%, sedangkan produksi dari Perkebunan Besar Negara (PBN) relatif lambat karena hanya naik sebesar 4,88% (BPS, 2016).

CPO dibuat menjadi biodiesel melalui proses esterifikasi-transesterifikasi. Istilah esterifikasi mengacu pada reaksi asam karboksilat, dalam hal ini asam lemak, dengan alkohol (alkoholisis) untuk menghasilkan ester. Sedangkan transesterifikasi adalah reaksi ester untuk menghasilkan ester baru yang mengalami penukaran posisi geometris asam lemak. Reaksi transesterifikasi tidak akan berjalan selama masih terkandung asam lemak bebas

di atas 7% (Ambarita, 2002). Katalis heterogen memiliki beberapa karakteristik yaitu aktivitas yang tinggi, kondisi reaksi yang ringan, masa hidup katalis yang lama, biaya relatif murah, tidak korosif, ramah lingkungan, dan dapat dipisahkan dari larutan produksi sehingga bisa digunakan kembali (Subagjo, 2012).

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%, 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 berat katalis La/ZnO 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% (b/b) katalis dan variasi kecepatan pengadukan 200 rpm, 300 rpm dan 400 rpm pada proses transesterifikasi.

2.3 Pembuatan Katalis La/ZnO

a) Impregnasi Logam La

La₂O₃ padat 3% sebanyak 3,52 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. 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 dilangsungkan dalam reaktor alas datar 1 liter atau disebut dengan reaktor. Reaktor dipasang kondensor dan termometer, kemudian dimasukkan *magnetic stirrer* kedalam reaktor. CPO ditimbang sebanyak 80 gram dengan rasio mol minyak : metanol 1 : 9. Minyak yang telah ditimbang dimasukkan kedalam reaktor dan dipanaskan pada temperatur 60°C dengan waktu reaksi yaitu selama 60 menit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi Katalis La/ZnO

Hasil analisa EDX dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil analisa BET dapat dilihat pada Tabel 3 dan Analisa SEM pada gambar 1 dan 2.

Tabel 2 Hasil Analisa EDX Katalis

No.	Sampel Komponen	3% La/ZnO Komposisi (%berat)
1.	La	2,94

Pada Tabel 2 memperlihatkan jumlah komposisi setiap senyawa atau komponen yang terdapat di dalam katalis. Pada katalis 3% La/ZnO komponen yang terkandung di dalamnya hanya ada enam komponen didalamnya dan logam La yang terimpregnasi ada 2,94%, berdasarkan perhitungan seharusnya logam La yang terimpregnasi sebanyak 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).

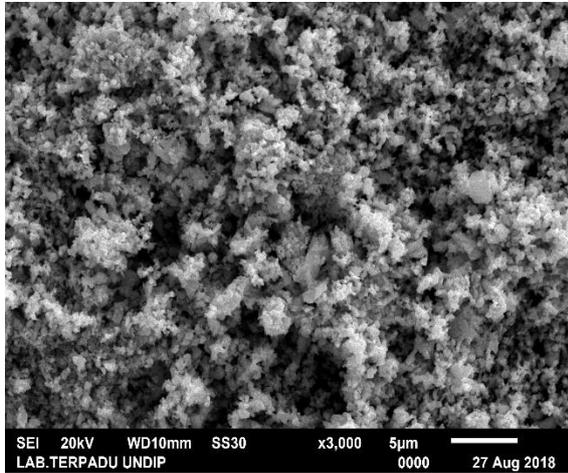
Tabel 3 Hasil Analisa Luas Permukaan

No.	Katalis	Luas Permukaan (m ² /gr)
1.	ZnO (Zn(Ac) ₂ · 2H ₂ O) (NaOH)	5 ⁷⁾
2.	ZnO (Commercial Grade)	4,5 ^{**)}
3.	ZnO (Commercial Grade)	2,5 · 12 ^{***)}
4.	3% La/ZnO	14,590

Sumber : *) (Ramimoghadam, 2013), **) (Kosmulski, 1956), ***) (Hwang dan Barron, 2011)

Tabel 3 menunjukkan bahwa luas permukaan katalis meningkat dengan bertambahnya logam La yang diimpregnasikan. Logam La berfungsi sebagai fasa aktif dan masuk kedalam pori - pori ZnO. Logam La menyebabkan situs aktif dari katalis sehingga kinerja katalis dapat meningkat. Logam yang telah tersebar masuk kedalam pori - pori ZnO sehingga jumlah pori-pori katalis semakin bertambah, 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. Jadi, luas permukaan katalis dengan impregnasi logam La sebesar 3% kedalam ZnO sebesar 14,590 m²/gr untuk katalis La/ZnO.



Gambar 1 Morfologi permukaan katalis 3% La/ZnO Perbesaran 3.000

Menunjukkan morfologi permukaan katalis yang memiliki struktur kristal yang khas berbentuk serpihan dan melekat butiran-butiran yang ukuran partikel yang kecil dan disela-sela terdapat banyak rongga yang berpori. Struktur kristal yang khas dan memiliki banyak pori menyebabkan luas permukaan katalis meningkat. Pada Gambar 2 terlihat ada logam La yang menempel pada permukaan ZnO dengan bentuk bulat ataupun silinder yang tidak beraturan. Hal ini menyebabkan terjadinya perubahan morfologi katalis yang menjadi lebih kasar secara merata. Struktur permukaan katalis yang berpori kemungkinan disebabkan karena adanya proses kalsinasi pada suhu tinggi.

3.2 Karakterisasi Biodiesel

a) Analisa Sifat Fisika Biodiesel

Data Data hasil analisa sifat fisika biodiesel dapat dilihat pada Tabel 3 yang memperlihatkan data hasil analisa semua produk biodiesel hasil dari penelitian ini dan sifat fisika biodiesel berdasarkan SNI 04-7128-2015.

Tabel 3 Hasil Karakterisasi Fisika Biodiesel

Berat Katalis (b/b)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Densitas pada 40°C (kg/m ³)	Viskositas pada 40°C (cSt)	Angka Asam (mg-KOH/g)	Titik Nyala (°C)
0,5%	200	862	3,73	0,59	124
	300	861	3,85	0,63	126
	400	863	3,77	0,59	127
1%	200	862	3,80	0,54	125
	300	863	3,92	0,59	127
	400	864	3,95	0,56	127
1,5%	200	862	3,73	0,61	126
	300	863	3,83	0,63	128
	400	862	3,79	0,63	130
2%	200	862	3,95	0,61	130
	300	861	4,59	0,63	125
	400	863	4,32	0,63	128
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 terbesar dihasilkan pada penggunaan Berat katalis 1% La/ZnO dengan kecepatan pengadukan sebesar 400 rpm yaitu 864 kg/m³. Sedangkan densitas terendah dihasilkan pada penggunaan Berat katalis 0,5% La/ZnO dan 2% La/ZnO dengan kecepatan pengadukan sebesar 300 rpm yaitu 861 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).

Biodiesel yang memiliki densitas melebihi ketentuan atau standar akan menyebabkan reaksi pembakaran tidak sempurna sehingga dapat meningkatkan emisi dan keausan pada mesin yang menggunakan bahan bakar diesel (Sinabutar, 2009).

Viskositas biodiesel yang diperoleh dari hasil penelitian ini berada dalam range SNI. Viskositas tertinggi yaitu pada penggunaan Berat katalis 2% La/ZnO 300 rpm yaitu 4,95 cSt. Sedangkan viskositas terendah yaitu 3,73 cSt pada Berat katalis 0,5% dan 1,5% La/ZnO dengan kecepatan katalis 200 rpm. Viskositas yang tinggi menyebabkan biodiesel sulit mengalir sehingga meningkatkan biaya instalasi perpipaan untuk mendistribusikan biodiesel. Tinggi rendahnya viskositas biodiesel dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan (Febrian, 2016).

Angka asam biodiesel hasil penelitian memiliki nilai diatas standar yaitu 0,5.

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 tertinggi dari hasil penelitian adalah 0,63 pada penggunaan berat katalis 0,5%, 1,5% dan 2% La/ZnO dengan kecepatan pengadukan sebesar 300 dan 400 rpm, angka asam yang tinggi ini disebabkan oleh bahan baku CPO memiliki ALB yang tinggi yaitu 3,43% serta kemungkinan disebabkan oleh masih terdapat sedikit air didalam biodiesel sehingga terjadi reaksi hidrolisis yang menyebabkan angka asam meningkat.

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 tertinggi yaitu 128°C dan terendah 124°C.

Yield biodiesel yang diperoleh bervariasi, perolehan *yield* tertinggi pada penggunaan berat katalis 1% La/ZnO (b/b) minyak dan kecepatan pengaduk 200 rpm adalah 92,487%. Perolehan *yield* untuk berat katalis 1% La/ZnO lebih banyak dibandingkan dengan berat katalis 0,5% La/ZnO, 1,5% La/ZnO, dan 2% La/ZnO (b/b) minyak.

b) Analisa Sifat Kimia Biodiesel

Analisa sifat kimia biodiesel diuji dengan menggunakan GC-MS. Biodiesel yang dianalisa dengan *yield* tertinggi yaitu pada penggunaan berat katalis 1% La/ZnO pada kecepatan pengaduk 200 rpm. Analisa GC-MS bertujuan untuk mengetahui senyawa-senyawa kimia yang terdapat didalam biodiesel.

Hasil uji GC-MS biodiesel pada berat katalis 1% La/ZnO pada kecepatan pengaduk menunjukkan empat puncak tertinggi yang mengandung metil ester yang

terdiri dari metil ester palmitat (42,22%), metil ester oleat (39,77%), metil ester linoleat (8,21%), dan metil ester stearat (4,88%). 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.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yaitu biodiesel berbahan baku CPO dapat diproduksi menggunakan katalis La/ZnO. Berat katalis terbaik adalah 1% La/ZnO (b/b) minyak dengan kecepatan pengaduk 200 rpm yang menghasilkan *yield* tertinggi yaitu 92,48%. 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

- Ambarita, M.T.D. 2002. Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas untuk Produksi Metil Ester. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- BPS. 2016. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- BPPN. 2012. Keselarasan Kebijakan Energi Nasional (KEN) dengan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Rencana Umum Energi Daerah (RUED). Policy Paper. Direktorat Sumber Daya Energi, Mineral, dan Pertambangan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 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.
- Hwang and Barron. 2011. BET Surface Area Analysis of Nanoparticles. *OpenStax-CNX and licensed under the Creative Commons Attribution License 3.0*. <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>
- Kosmulski, Marek. 1956. *Surface Charging and Point of Zero Charge, Vol 145*. Thecnical University of lublin. Poland
- Prihanto A., B. Pramudoyono., dan H. Santosa. 2013. *Peningkatan Yield Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung Melalui Transesterifikasi Dua Tahap*. Momentum. 9, 46-53.
- Ramimoghadam et al. *Chemistry Central Journal* 2013, 7:71 <http://journal.chemistrycentral.com/content/7/1/71>
- Riyanti, F., Poedji L. H., dan Catur D. L. 2012. Pengaruh Variasi Konsentrasi Katalis KOH pada Pembuatan Metil Ester dari Minyak Biji Ketapang (*Terminalia Catappa* Linn). *JPS 15 (2C)*. Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya. Sumatera Selatan.
- SNI-04-7182-2015. *Biodiesel*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Sinabutar, D., 2009, Analisis Pengaruh Temperatur Reaksi dan Konsentrasi Katalis NaOH dalam Media Metanol Terhadap Perubahan Karakteristik Fisika Biodiesel Minyak Kelapa, *Tesis*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Siregar, R.V.M. 2016. *Produksi Biodiesel dari Minyak Nyamplung menggunakan Katalis La/lempung*. Skripsi. Program Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau. Pekanbaru.
- Subagjo, 2012. Pengembangan Katalis Kalsium Oksida untuk Sintesi Biodiesel. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* Vol 11, No 2, Hal 66-73.