

# PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG (*Callophyllum inophyllum*) MENGUNAKAN KATALIS LANTANUM/LEMPUNG : STUDI PENGARUH SUHU REAKSI

Raja Valti mhd Siregar<sup>1)</sup>, Syaiful Bahri<sup>2)</sup>, Khairat<sup>3)</sup>

1)Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau

2)Dosen Jurusan Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

Email : valtiraja@yahoo.com

## Abstract

*Biodiesel is an alternative energy to replace fossil fuels. It can be synthesized by transesterification process of palm oils. Commonly the process of producing biodiesel was used NaOH or KOH as homogeneous catalyst which has the disadvantage the formation of side products such as soaps and complexity of the separation of catalyst. Several research have developed that using heterogeneous catalys. Synthesis of biodiesel from callophyllum inophyllum oil using metal alloys lanthanum on clay as catalyst. This research studied the effect of temperature reaction with variations 55, 60, 65 °C to the yield of biodiesel produced, and to identifying the characteristics of biodiesel produced. This study begins activation of the catalyst in a way additions H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, impregnation, calcination, oxidation and reduction. Furthermore, to remove impurities and gum contained in the oil was done the degumming process. After that, do the process of transesterification in the three neck flask reactor the mole ratio of methanol : oil 12: 1 and a reaction time 120 minutes. The result, highest biodiesel obtained amounted to 78.41% at the reaction temperature of 60 °C. Physical characterization of biodiesel were done such as density 857 kg/m<sup>3</sup>, kinematic viscosity 4.735 mm<sup>2</sup>/s, acid number 0.61 mg-KOH/g biodiesel and flash point 127.5 °C respectively which have accordance with the standards of Indonesian biodiesel (SNI 04-1782-2006).*

*Keywords :La / clay, callophyllum inophyllum oil, degumming, transesterification, biodiesel*

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia tengah menghadapi permasalahan yang juga dihadapi dunia global yaitu permasalahan energi. Berdasarkan data yang dihasilkan oleh Dewan Energi Nasional (2014), pada skenario BaU (Business as Usual ) penggunaan minyak solar dimasa mendatang seluruhnya akan digantikan dengan biosolar, maka kebutuhan biodiesel diproyeksikan akan meningkat sekitar 6,2% per tahun menjadi 3 juta TOE pada tahun 2025 dan 7 juta TOE (Tonnes oil equivalent) pada tahun 2050. Sedangkan pada skenario KEN (Kebutuhan Energi Nasional) untuk bahan bakar pembangkit listrik, kebutuhan biodiesel akan meningkat lebih pesat, yaitu rata rata 12,3% per tahun, pada tahun 2025 total kebutuhan biodiesel sebesar 16 juta TOE meningkat mencapai 58 juta TOE pada tahun 2050. Untuk memenuhi kebutuhan biodieselyang meningkat

secara signifikan pada skenario KEN, maka perlu adanya jaminan ketersediaan bahan bakunya, bahan baku biodiesel tidak hanya berasal dari CPO kelapa sawit tetapi juga dari minyak dan lemak lainnya.

Kondisi tersebut mengisyaratkan keharusan untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi baru dan terbarukan untuk menjaga ketersediaan energi di masa mendatang. Dengan kondisi geologis dan letak geografisnya, Indonesia memiliki potensi sumber daya energi terbarukan yang sangat besar. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan adalah biodiesel. Biodiesel diproduksi dari berbagai sumber minyak dan lemak, salah satu sumber minyaknya adalah minyak nyamplung (Marnoto, 2010).

Biodiesel merupakan suatu nama dari alkil ester atau rantai panjang asam lemak yang berasal dari minyak nabati maupun lemak hewan. Komponen utama dari minyak nabati maupun lemak hewan adalah trigliserida. Salah satu bahan bakar yang berasal dari minyak nabati dan penelitiannya sudah mulai berkembang serta populasinya tersebar hampir di seluruh pantai berpasir di Indonesia adalah nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) yang mempunyai rendemen hampir 74%.

Pembuatan biodiesel biasanya menggunakan katalis homogen asam atau basa, seperti NaOH, KOH, atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dengan cara dilarutkan dalam metanol. Namun penggunaan katalis homogen memiliki kelemahan, yaitu sukar dipisahkan dari campuran reaksi dan hanya digunakan sekali saja. Untuk mengatasi masalah tersebut, banyak para peneliti yang mengembangkan penggunaan katalis heterogen. Katalis heterogen lebih stabil, tidak menyebabkan korosi pada peralatan dan ramah lingkungan dibanding katalis homogen. Katalis ini mudah dipisahkan dari campuran reaksi dengan cara filtrasi karena berfasa padat. Selain itu, katalis padat dinilai lebih ekonomis karena berpotensi digunakan berkali-kali (Husin et al, 2015).

Untuk meningkatkan *yield* biodiesel digunakan lempung alam sebagai penyangga. Di Kecamatan Kuantan Mudik (Riau), mempunyai cadangan lempung yang cukup besar kira-kira 4.313.700 m<sup>3</sup> yang tersebar di beberapa lokasi yaitu Desa Toar, hulu sungai Batang Salo (Desa Cengar), kawasan hutan lindung Bukit Batabuh, Desa Kasang, Desa Teluk Beringin dan Desa Air Buluh (Bahri dan Rivai, 2010).

Dalam upaya meningkatkan kinerja katalis maka perlu ditambahkan logam terhadap lempung. Logam ini berfungsi untuk meningkatkan aktivitas, stabilitas dan selektivitas dari katalis. Logam yang biasanya digunakan adalah logam-logam transisi dengan daya adsorbs kuat dan mempunyai elektron yang tidak berpasangan pada orbital *d*. salah satu logam yang tepat digunakan adalah Lantanum (La).

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah lempung alam yang berasal dari desa Cengar, Kecamatan Kuantan Mudik, Kabupaten Kuantan Singingi, minyak

nyamplung diperoleh dari perusahaan Jarak Lestari, Cilacap, Jawa Barat, Gas N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub> (Aneka Gas), BaCl<sub>2</sub>, aquadest, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,2 M, metanol, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, KOH 0,1 N, larutan Asam Oksalat 0,1 N.

### 2.2 Alat

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu lumpang porselin, lesung dan alu, ayakan 100 dan 200 mesh, labu leher tiga alas datar ukuran 500 ml, reaktor alas datar ukuran 1 liter, satu set motor pengaduk, *heating mantel*, kertas saring, gelas ukur 100 ml, oven, *magnetic stirrer*, *hot plate*, *furnace tube*, timbangan analitik, tabung serta regulator gas N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, *kondensor*, *thermometer*, piknometer, *viskometer Oswald*, gelas piala, labu ukur 1000 ml, piknometer 10 ml, cawan penguap, buret, erlenmeyer, pipet tetes, statif dan klem, *Kromatografi Gas-Spektrometer Massa* (GC-MS), *Scanning Electron Microscope* (SEM), Brenet Emmet Teller (BET), *X-Ray Diffraction* (XRD).

### 2.3 Variabel penelitian

Variabel yang digunakan terdiri dari variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap yang digunakan adalah minyak nyamplung 80 gr, rasio minyak : metanol 1:12, jumlah katalis La/lempung sebesar 3% berat minyak, waktu reaksi 120 menit. Sedangkan variabel berubahnya adalah variasi suhu reaksi 55 °C, 60 °C, 65 °C.

### 2.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan dalam pengerjaannya, yaitu:

#### 1. Pembuatan katalis La/lempung

Lempung ditumbuk dan dihaluskan kemudian diayak dengan ukuran ayakan - 100+200 mesh dengan ketentuan ukuran partikel yang diambil merupakan partikel-partikel yang lolos pada pengayak 100 mesh dan tertahan pada 200 mesh.

Lempung yang dihasilkan sebanyak 150 gram selanjutnya diaktivasi selama 6 jam pada suhu 50 °C dengan penambahan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,2 M sebanyak 500 ml sambil diaduk dengan motor pengaduk pada reaktor alas datar volume 1 liter. Kemudian sampel didiamkan selama 16 jam dan selanjutnya disaring dan dicuci menggunakan aquades berulang kali sampai tidak ada ion SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> yang terdeteksi oleh larutan BaCl<sub>2</sub>, cake yang terbentuk kemudian

dikeringkan pada suhu 110 °C selama 4 jam dalam oven.

La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> padat dilarutkan dalam 200 ml aquadest, kemudian sampel lempung 50 gr yang telah diaktivasi dicampurkan ke dalam larutan La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan di lakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan menggunakan *hot plate* pada suhu 60 °C selama 3 jam, kemudian sampel disaring dan dicuci. *Cake* kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 6 jam (diperoleh sampel La/lempung).

Sampel katalis yang sudah diperoleh kemudian dimasukkan kedalam *tube* sebanyak 30 gram. *Tube* ditempatkan dalam *tube furnace*, kemudian dikalsinasi pada suhu 500 °C selama 6 jam sambil dialirkan gas nitrogen sebesar ±400 ml/menit, dilanjutkan dengan oksidasi pada suhu 400 °C menggunakan gas oksigen sebesar ±400 ml/menit selama 2 jam dan reduksi pada suhu 400 °C menggunakan gas hidrogen sebesar ±400 ml/menit selama 2 °C.

## 2. Proses pembuatan biodiesel

### • *Degumming*

Minyak nyamplung ditimbang kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu 80 °C Setelah itu dilakukan penambahan asam fosfat sebanyak 0,3% dari bobot minyak. Suhu minyak dipertahankan selama 15 menit sambil diaduk. Selanjutnya, minyak disaring untuk dipisahkan dari getah dan pengotor-pengotornya. Kemudian minyak nyamplung dimasukkan kedalam corong pemisah untuk dicuci dengan menambahkan akuades hangat (60 °C) dan kemudian dipisahkan antara minyak dan air. Proses pencucian dilakukan berulang kali hingga pH air pencucian netral. Selanjutnya minyak dipanaskan didalam oven pada suhu 105 °C untuk menghilangkan air yang masih terdapat didalam minyak. Kemudian minyak dianalisa karakteristiknya yang meliputi densitas, viskositas, kadar air dan kadar ALB.

### • Esterifikasi dan transesterifikasi

Proses esterifikasi dan transesterifikasi minyak nyamplung dilangsungkan dalam labu leher tiga alas datar berukuran 500 ml. Reaktor dilengkapi dengan kondenser, termometer, dan *magnetic stirrer*. Minyak nyamplung ditimbang dengan rasio mol minyak : metanol 1 : 12. Katalis sebanyak 3% dari berat minyak ditambahkan ke dalam reaktor, selanjutnya

dipanaskan pada variasi-variasi suhu 55 °C, 60 °C, 65 °C dengan waktu operasi selama 120 menit.

### • Pemurnian Produk

Selanjutnya, setelah proses esterifikasi dan transesterifikasi, campuran dimasukkan ke dalam corong pemisah dan diendapkan selama 24 jam untuk dipisahkan antara metil ester, air, katalis dan gliserol. Kemudian campuran dipisahkan selanjutnya dicuci dengan air hangat (50 °C) sampai diperoleh biodiesel. Lapisan atas merupakan biodiesel, sedangkan air yang membawa metanol teremulsi terdapat pada lapisan bawah untuk selanjutnya diendapkan dan dipisahkan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Karakteristik Katalis La/Lempung Cengar

Katalis yang digunakan adalah katalis dengan sistem logam berpengemban yaitu La/Lempung. Menurut Sunarno (2011), logam pengemban berfungsi untuk menambah situs aktif dari katalis sehingga kinerja katalis tersebut akan menjadi lebih baik. Lempung selain berfungsi sebagai penyangga juga berfungsi sebagai penyedia situs aktif bersama dengan logam pengemban.

Lempung yang digunakan sebagai penyangga adalah lempung alam yang masih banyak mengandung pengotor-pengotor, ion-ion logam alkali dan ukuran pori-pori yang masih kecil. Lempung memiliki tingkat keasaman yang rendah dan luas permukaan yang masih kecil sehingga menjadikan kualitas lempung sebagai katalis masih rendah. Oleh karena itu, sebelum dilakukan impregnasi logam La, lempung terlebih dahulu diaktivasi menggunakan asam sulfat.

Lempung yang diaktivasi menggunakan asam akan menghasilkan lempung dengan situs aktif lebih banyak dan luas permukaan yang lebih besar sehingga dihasilkan lempung dengan kemampuan adsorpsi tinggi (Suarya, 2008). Setelah lempung diaktivasi menggunakan asam sulfat maka dilakukan impregnasi logam La terhadap lempung, selanjutnya dilakukan proses kalsinasi, oksidasi, dan reduksi. Pada tabel 3.1 akan ditampilkan data luas permukaan katalis La/Lempung hasil dari analisa BET.

**Tabel 3.1** Hasil Analisa Luas Permukaan Katalis

No.	Katalis	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /gr)
1.	La(0%)/Lempung	40,632
2.	La(1%)/Lempung	80,187
3.	La(2%)/Lempung	12,659
4.	La(3%)/Lempung	608,420

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa katalis La(3%)/lempung memiliki luas permukaan yang lebih besar yaitu 608,420 m<sup>2</sup>/gr dibandingkan dengan luas permukaan katalis La(2%)/lempung yaitu 12,659 m<sup>2</sup>/gr, katalis La(1%)/lempung yaitu 80,187 m<sup>2</sup>/gr dan katalis lempung yaitu 40,632 m<sup>2</sup>/gr. Hal ini membuktikan bahwa dengan melakukan proses impregnasi logam ke dalam lempung dapat memperbesar luas permukaan katalis, Namun pada penggunaan logam La 2% terlihat bahwa luas permukaan yang dihasilkan lebih rendah dari La 0%, 1%, dan 3%, Hal ini kemungkinan terjadi karena adanya penumpukan logam pada permukaan dan pori-pori lempung ( Sunarno, 2011). Sehingga ketika analisa BET pori-pori yang tertutup oleh logam menjadi tidak terbaca. Peralatan BET merupakan alat yang digunakan untuk menentukan luas permukaan suatu padatan berpori dan juga untuk menentukan ukuran dan volume pori-porinya. Prinsip kerjanya berdasarkan proses adsorpsi gas N<sub>2</sub> pada padatan permukaan berpori.

Menurut Kusmiati (2015), peningkatan luas permukaan katalis terjadi karena logam yang telah tersebar pada katalis. Logam yang telah tersebar akan menyebabkan jumlah gas nitrogen pada saat aktivasi katalis yang teradsorpsi pada permukaan katalis meningkat sehingga dapat menghilangkan pengotor yang menutupi pori-pori katalis dan pori-porinya menjadi lebih terbuka, permukaan katalisnya lebih bersih dan saat diimpregnasi dengan logam akan meningkatkan luas permukaannya. Dengan semakin besarnya luas permukaan katalis La/lempung, maka akan semakin besar kontak antara reaktan dengan permukaan katalis sehingga aktivitas katalis tersebut akan semakin meningkat dan pembentukan produk semakin banyak.

## 3.2 Proses Pembuatan Biodiesel

### 3.2.1 Proses Degguming

Minyak nyamplung hasil proses *degumming* ditentukan karakteristiknya meliputi densitas, viskositas, kadar air, kadar asam lemak bebas dan perubahan warna. Karakteristik minyak nyamplung sebelum dan setelah proses *degumming* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Karakteristik Minyak Nyamplung

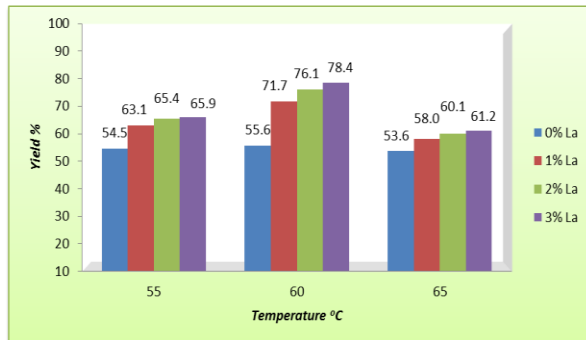
Karakteristik	Satuan	Sebelum <i>Degumming</i>	Setelah <i>Degumming</i>
Densitas (40°C)	kg/m <sup>3</sup>	903	891
Viskositas (40°C)	mm <sup>2</sup> /s	6,507	6,42
Kadar air	%	7,01	6,89
Kadar asam lemak bebas	%	16,33	14,52
Warna	-	Hijau Kehitaman (Gelap)	Kecoklatan

### 3.2.2 Pengaruh variasi Suhu terhadap perolehan *Yield* Biodiesel

Proses sintesis biodiesel dilakukan pada variasi suhu 55, 60 dan 65 °C, dengan waktu reaksi selama 120 menit. Perbandingan mol metanol dengan minyak yang digunakan adalah 12 : 1, sedangkan variasi logam La sebagai katalis yang digunakan adalah 0%, 1%, 2% dan 3% b/b terhadap lempung cengar. Dari penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan hasil yang disajikan dalam bentuk gambar . Pada gambar 3.3 terlihat bahwa suhu mempengaruhi *yield* biodiesel yang dihasilkan.

Pada Gambar 3.3 untuk suhu 55 °C, hasil *yield* biodiesel mengalami kenaikan seiring bertambahnya logam La dari 1% ke 3%, kemudian untuk suhu 60 °C juga mengalami kenaikan *yield* seiring bertambahnya logam La dari 1% ke 3%, pada suhu 65 °C juga mengalami kenaikan *yield* biodiesel, akan tetapi kenaikannya tidak terlalu signifikan. Pada Gambar juga terlihat bahwa perolehan biodiesel tertinggi didapat pada suhu 60 °C yaitu sebesar 78,4 %. Hal ini menunjukkan bahwa apabila temperature reaksi ditingkatkan maka *yield* biodiesel yang dihasilkan semakin meningkat. Namun, pada saat suhu 65 °C, *yield* biodiesel mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karna metanol akan lebih cepat menguap diatas titik didihnya dimana suhu

titik didihnya menurut Wicakso (2011) adalah 64,8 °C, sehingga kontak antara minyak dan metanol berkurang karena ada perbedaan fase antara minyak dan metanol. Selain itu, rasio mol metanol minyak untuk pembuatan biodiesel menjadi berkurang, sehingga yield yang dihasilkan lebih kecil. Persamaan Arrhenius mengatakan bahwa dengan naiknya suhu reaksi maka konstanta kecepatan reaksi akan bertambah.



**Gambar 3.3** Hubungan antara yield biodiesel vs suhu reaksi

### 3.3 Karakteristik Biodiesel

Pada point ini akan dibahas tentang analisa karakteristik biodiesel berupa sifat fisika dan kimia. Karakteristik sifat fisika biodiesel meliputi pengujian densitas, viskositas, angka keasaman dan titik nyala. Sedangkan karakteristik sifat kimia biodiesel yang dilakukan meliputi pengujian GC-MS. Analisa Karakterisasi pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah biodiesel yang diperoleh sesuai dengan standar mutu biodiesel yang telah ditetapkan di Indonesia.

#### 3.3.1 Sifat Fisika Biodiesel

Pada Tabel 3.3 ditampilkan perbandingan beberapa karakteristik Standar Nasional Indonesia tahun 2006 dengan hasil penelitian.

**Tabel 3.3** Perbandingan beberapa

No Puncak	Waktu Retensi	Komponen	Rumus molekul	Berat Molekul	Area (%)
1	30.137	Methyl Palmitate	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270	21,30
2	33.395	Methyl Linoleate	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	294	21,80
3	33.495	Methyl Oleate	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	296	42,08
4	33.977	Methyl Stearate	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	298	14,82

#### karakteristik sifat fisika biodiesel

Parameter dan Satuannya	SNI 04-7128-2006	Hasil Penelitian
Massa Jenis pada 40°C, kg/m <sup>3</sup>	850-890	857
Viskositas pada 40°C, mm <sup>2</sup> /s	2,3-6,0	4,77
Angka asam, mg-KOH/g	Maks. 0,80	0,705
Titik Nyala, °C	Min 100	130,5

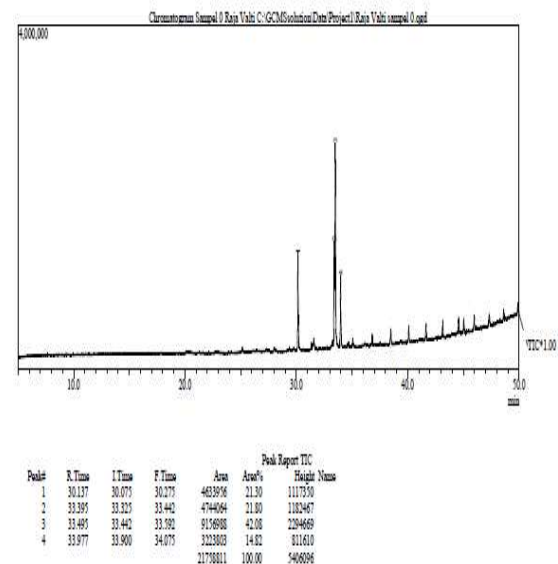
#### 3.3.2 Sifat Kimia Biodiesel

Analisa GC MS dilakukan dengan tujuan yaitu untuk mengetahui jenis metil ester yang terkandung didalam biodiesel hasil dari penelitian.

Data uji GC-MS biodiesel dengan katalis La 0% pada suhu 60 °C. Hasil tersebut ditampilkan pada Tabel 3.4

**Tabel 3.4** Komponen metil ester pada konsentrasi katalis 0% La 60 °C

Pada gambar 3.5 merupakan hasil analisa Gas chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS) dengan suhu 60 °C menggunakan katalis La (0%)/ lempung



**Gambar 3.5** Hasil GC-MS biodiesel dengan katalis 0% La pada suhu 60 °C

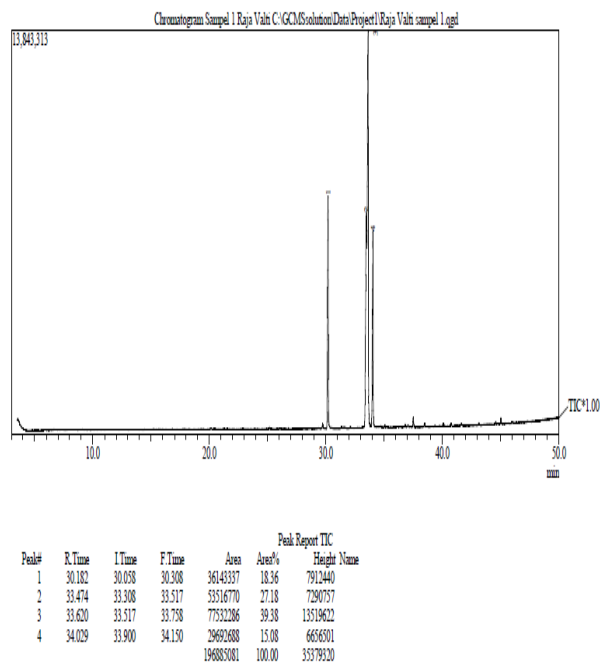
Kromatogram biodiesel dari minyak nyamplung pada katalis La 0% suhu 60 oC menunjukkan empat puncak tertinggi yang mengandung metil ester yang terdiri dari metil

ester palmitat, metil ester linoleat, metil ester oleat, metil ester stearat. Empat puncak tertinggi ini merupakan komponen-komponen dalam biodiesel yang sebagian besar trigliserida telah terkonversi menjadi metil ester.

**Tabel 3.5** Komponen metil ester pada konsentrasi katalis 1% La suhu 60 °C

No Puncak	Waktu Retensi	Komponen	Rumus molekul	Berat Molekul	Area (%)
1	30,182	Methyl Palmitate	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270	18,36
2	33,474	Methyl Linoleate	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	294	27,18
3	33,620	Methyl Oleate	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	296	39,38
4	34,029	Methyl Stearate	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	298	15,08

Pada gambar 3.6 merupakan hasil analisa *Gas chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS) dengan suhu 60 °C menggunakan katalis La (1%)



**Gambar 3.6** Hasil GC-MS biodiesel dengan katalis 0% La pada suhu 60 °C

Kromatogram biodiesel dari minyak nyamplung pada katalis La 0% suhu 60 oC menunjukkan empat puncak tertinggi yang mengandung metil ester yang terdiri dari metil ester palmitat, metil ester linoleat, metil ester oleat, metil ester stearat. Empat puncak tertinggi ini merupakan komponen-komponen dalam biodiesel yang sebagian besar

trigliserida telah terkonversi menjadi metil ester.

#### 4. Kesimpulan

1. Biodiesel dapat dihasilkan dari minyak nyamplung menggunakan katalis La/lempung
2. Penggunaan logam yang La diimpregnasi kedalam lempung pada pembuatan biodiesel memberi pengaruh terhadap perolehan biodiesel dengan metode esterifikasi dan transesterifikasi, Yield biodiesel tertinggi didapat sebesar 78,41% pada suhu reaksi 60 °C dan Logam La 3%.
3. Biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu biodiesel berdasarkan beberapa SNI 04-1782-2006 ; densitas 857 kg/m<sup>3</sup>, viskositas 4,77 cSt, angka asam 0,70 mg-KOH/gr biodiesel dan titik nyala 130,5 °C.

#### Daftar Pustaka

- Armalita, R.D., Bahri, S., and Yusnimar. 2015. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Bintaro dengan Reaksi Transesterifikasi dan Katalis Lempung, *JOM FTEKNIK*, Vol 2.
- Auliah, A .2009. Lempung Aktif Sebagai Adsorben Ion Fosfat Dalam Air. *Jurnal Kimia*, 10, 14-23.
- Bahri, S. 2011. *Katalis Logam Pengemban*. Pengantar Kuliah Katalis. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik; Universitas Riau.
- Bahri, S. and Rivai, R. 2010. Chemical Modification On Natural Clay And Its Application On Equilibrium Study Of The Adsorption Of Pb<sup>2+</sup> In Aqueous Solution, *Jurnal Sains dan Teknologi*, 9, 49-54.
- Husin, H., Hasfita, F., Rinaldi., W. 2015. Preparasi Katalis Abu Kulit Kerang Untuk Transesterifikasi Minyak Nyamplung Menjadi Biodiesel. *AGRITECH*. 35. 1.
- Kusmiati, L. 2015. *Pirolisis Kulit Kayu Pinus (Pinus Merkusii) Menjadi Bio-oil Menggunakan Katalis Ni/Lempung*. Skripsi. Universitas Riau.
- Marnoto, T., dan Sulistyawati. E. 2010. "Biodiesel dari Minyak Nyamplung

- (*Calophyllum inophyllum*) dan Spiritus dengan Katalisator Kapur Tohor". *Natur Indonesia*. 13, 112-117.
- SNI 01-3555-1998. 1998. *Cara Uji Minyak dan Lemak*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Suarya, P. 2008. Adsorpsi Pengotor Minyak Daun Cengkeh oleh Lempung Teraktivasi Asam. *Kimia*. 2 (1), 19-24. Crude Palm Oil dengan Katalis Alumina Hasil Recovery Limbah Padat Lumpur PDAM Intan Banjar. *Info Teknik*. 12, 21-30.
- Yan, S., Kim, M., Mohan, S., Salley, S.O., and Ng, K.Y.S. 2010. Effects of preparative parameters on the structure and performance of Ca-La metal oxide catalysts for oil transesterification. *Applied Catalysis A: General*. 373. 104-111.
- Yan, S., Kim, M., Salley, S.O., and Simon, K.Y. 2009a. Oil transesterification over calcium oxides modified with lanthanum. *Applied Catalysis A*. 360, 163-170.
- Sunarno, Bahri, S., Fermi, M.I., dan Widiyanto, R. 2011. *Catalytic Slurry Cracking Cangkang Sawit Menjadi Curde Bio-Fuel Dengan Katalis Ni/ZSM-5 dan NiMo/ZSM-5*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Wicakso, D.R. 2011. Sintesis Biodiesel dari
- Yan, S., Salley, S.O., and Ng, K.Y.S., 2009b. Simultaneous transesterification and esterification of unrefined or waste oils over ZnO-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts. *Applied Catalysis A: General*. 353, 203-212.
- Zhou, Q., Zhang, H., Chang, F., Li, H., Pan, H., Xue, W., YuHu, D., and Yang, S. 2015. Nano La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as a heterogeneous catalyst for biodiesel synthesis by transesterification of *Jatropha curcas* L. oil. *Industrial and Engineering Chemistry*. 2596. 1-8.