

## SINTESIS BIODIESEL MENGGUNAKAN KATALIS LEMPUNG PALAS: AKTIVASI NaOH DAN KALSINASI PADA 500°C

E. Yuliani<sup>1</sup>, Nurhayati<sup>2</sup>, Erman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi S1 Kimia

<sup>2</sup>Bidang Kimia Fisika Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Kampus Binawidya Pekanbaru, 28293, Indonesia

[eviyuliani.orain@gmail.com](mailto:eviyuliani.orain@gmail.com)

### ABSTRACT

Biodiesel is a renewable alternative fuel that is derived from the transesterification of vegetable oil or animal fat and alcohol using a catalyst. In this research, transesterification of oil into biodiesel was conducted using a heterogeneous catalyst of Palas clay that was activated with NaOH and calcinated at 500°C. The method carried out to obtain optimum biodiesel result was done by varying the weight of the catalyst and percentage of NaOH/clay. The optimum biodiesel produced was 89.92 %, that was obtained at the condition of the catalyst weight of 3 g, NaOH/clay 20 %, and the mole ratio of oil : methanol (1:6) treated for 8 hours at temperature of 60°C. The optimum biodiesel produced was characterized by the standards of ASTM (American Standards for Testing and Materials) including water content, specific gravity, viscosity, carbon residue, acid number, saponification number, iodine number, flash point and cetane number. The results showed that the optimum biodiesel is in the range of SNI -04-7182-2006 for biodiesel.

Keywords: *biodiesel, catalyst, clay, transesterification.*

### ABSTRAK

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif terbarukan yang diperoleh dari hasil reaksi transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani dan alkohol dengan bantuan katalis. Pada penelitian ini dilakukan transesterifikasi minyak goreng menjadi biodiesel menggunakan katalis heterogen lempung Palas yang diaktivasi dengan NaOH dan dikalsinasi pada 500°C. Metode yang dilakukan untuk memperoleh hasil biodiesel optimum adalah dengan memvariasikan berat katalis dan persentase NaOH/lempung, hasil biodiesel optimum adalah 89,92% diperoleh pada kondisi berat katalis 3 g, persentase NaOH/lempung 20%, dan rasio mol minyak:metanol (1:6) yang direaksikan selama 8 jam pada suhu 60°C. Biodiesel optimum dikarakterisasi menurut standar ASTM (*American Standar for Testing and Material*) antara lain kadar air, berat jenis, viskositas, residu karbon, bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iod, titik nyala dan angka setana. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa biodiesel optimum masuk kedalam *range* SNI -04-7182-2006 untuk biodiesel.

Kata kunci: *biodiesel, katalis, lempung, transesterifikasi*

## PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas di bidang industri, transportasi, dan pusat Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Indonesia mengakibatkan semakin tingginya kebutuhan terhadap bahan bakar minyak (BBM) (Syah, 2006). Penggunaan BBM berbahan baku fosil secara terus menerus mengakibatkan cadangan minyak bumi semakin sedikit, sehingga harganya semakin mahal. Untuk mengatasi persoalan tersebut dan mengurangi ketergantungan terhadap BBM perlu diadakan diversifikasi energi dengan cara mencari energi alternatif yang terbarukan (Sundryono, 2010). Salah satu energi alternatif yang dapat menggantikan fungsi energi fosil adalah biodiesel (Ugheoko dkk, 2007).

Biodiesel atau FAME (*fatty acid methyl ester*) diperoleh dari proses transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani dan alkohol dengan bantuan katalis asam atau basa (Prihandana dkk, 2006). Katalis yang sering digunakan dalam sintesis biodiesel adalah katalis homogen seperti NaOH dan KOH. Katalis homogen memiliki kelemahan, yaitu sulit dipisahkan dengan produk, sensitif terhadap keberadaan asam lemak bebas karena mampu membentuk sabun, dan dapat memicu terjadinya korosi pada wadah reaksi terutama pada wadah yang menggunakan pengaduk. Oleh karena itu, pembuatan biodiesel membutuhkan katalis alternatif berupa katalis heterogen (Nurhayati dan Amri, 2005).

Berbagai jenis katalis heterogen telah digunakan dalam sintesis biodiesel, salah satunya adalah lempung teraktivasi. Hakim (2010) telah menggunakan lempung teraktivasi CaO, Vifftaria (2012) telah menggunakan katalis lempung teraktivasi CH<sub>3</sub>COONa. Katalis lempung ini memiliki beberapa keunggulan, seperti ramah lingkungan, memiliki permukaan yang luas dan sifat keasaman yang baik, serta memiliki kemampuan tukar kation tinggi (Kudus, 2007).

Pada penelitian ini dilakukan sintesis biodiesel melalui reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit merek Sunco dan metanol menggunakan katalis lempung Palas teraktivasi NaOH yang dikalsinasi 500°C yang telah diaktivasi dan dikarakterisasi oleh Derimasari (2013). Minyak goreng Sunco memiliki kadar air dan asam lemak bebas yang rendah yaitu sebesar 0,23% dan 0,089% (Vifftaria, 2012) sehingga tidak mengganggu proses transesterifikasi. Hasil biodiesel optimum ditentukan melalui beberapa variasi komponen reaksi seperti variasi berat katalis, persentase NaOH/lempung, waktu reaksi, dan suhu reaksi. Biodiesel optimum dikarakterisasi menurut standar ASTM (*American Standar for Testing and Material*) antara lain kadar air, berat jenis, viskositas, residu karbon, bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iod, dan angka setana. Semua karakter yang didapat kemudian dibandingkan dengan SNI biodiesel.

## METODE PENELITIAN

### a. Proses transesterifikasi biodiesel

Transesterifikasi dilakukan dalam labu leher tiga yang dilengkapi *stirrer*, termometer dan *hot plate stirrer*. Proses transesterifikasi dilakukan dengan dua variasi yaitu persentase NaOH/lempung (5,10, 20 dan 25% b/b) dan variasi berat katalis (2, 3, 4 dan 5 g) pada waktu reaksi 8 jam dan temperatur 60°C. Sebelum digunakan minyak kelapa sawit dipanaskan pada temperatur 105°C untuk menghilangkan kandungan air

selama 30 menit, kemudian didinginkan sampai suhu 50°C. Pada tempat terpisah direfluks campuran katalis dan 21,719 g metanol selama 1 jam. 100 g sampel minyak goreng (suhu 50°C) ditambah kedalam campuran katalis-metanol dan diaduk selama 8 jam pada suhu yang telah ditentukan yaitu 60°C. Setelah bereaksi, campuran dimasukkan dalam corong pisah dan dibiarkan semalaman pada suhu kamar sampai terbentuk dua lapisan, lapisan atas merupakan biodiesel dan lapisan bawah adalah gliserol.

#### **b. Pencucian biodiesel**

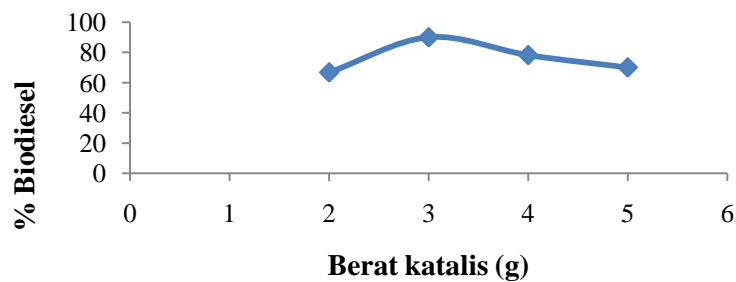
Biodiesel mentah yang diperoleh di dalam corong pisah dicuci dengan menggunakan air panas (suhu 50°C) sebanyak volume biodiesel yang diperoleh (1:1) (Prihandana dkk, 2007). Campuran air dan biodiesel digonjong selama 5 menit sehingga campuran berwarna putih. Campuran didiamkan, sehingga air berkumpul di bagian bawah (berubah menjadi keruh) bagian atas merupakan biodiesel, dan campuran tersebut dipisahkan. Biodiesel dipanaskan pada suhu di atas titik didih air (105°C) hingga gelembung air tidak kelihatan lagi, kemudian dinginkan produk biodiesel dan saring menggunakan kertas saring whatman No 42. Biodiesel optimum yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi meliputi berat jenis, viskositas, kandungan air, bilangan asam, bilangan iod, bilangan penyabunan, residu karbon, titik nyala, dan angka setana.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **a. Pengaruh berat katalis**

Katalis adalah suatu substansi yang dalam jumlah kecil menyebabkan perubahan besar. Katalis dapat mempercepat reaksi kimia dan terlibat dalam mekanisme reaksi, namun akan dihasilkan kembali setelah reaksi berakhir. Pada penelitian ini digunakan katalis heterogen NaOH/lempung. Berat katalis optimal pada produksi biodiesel dapat dilihat pada Gambar 1 yaitu 3 g dan biodiesel yang diperoleh adalah 89,92% dengan rasio mol minyak:metanol 1:6 pada suhu 60°C. Kondisi yang sama juga didapat pada penelitian Susanto (2013) dengan katalis lempung aktivasi NaOH kalsinasi 300°C diperoleh hasil optimum yaitu pada kondisi 20% b/b persentase NaOH/lempung, berat katalis 3 g, rasio mol minyak metanol 1:6 suhu 60°C biodiesel yang dihasilkan adalah 75,43%. Hasil biodiesel pada penelitian ini lebih besar apabila dibandingkan dengan (Susanto, 2013) karena pada penelitian ini menggunakan lempung aktivasi dengan suhu kalsinasi 500°C. Temperatur kalsinasi katalis sangat mempengaruhi perolehan biodiesel karena dilihat dari karakterisasi katalis yaitu luas permukaan, lempung aktivasi NaOH kalsinasi 500°C memiliki luas permukaan yang lebih tinggi daripada kalsinasi 300°C, dengan luas permukaan tinggi maka akan terjadi penyebaran kation Na pada pori-pori lempung, hal ini yang menyebabkan sisi aktif katalis lebih tinggi pula sehingga diperoleh biodiesel yang lebih besar.

Penggunaan katalis lebih dari berat optimal menyebabkan penurunan hasil biodiesel karena penambahan NaOH yang berlebih dapat menimbulkan emulsi, yang menyebabkan naiknya viskositas. Akibat naiknya viskositas menyebabkan terjadinya pembentukan gel-gel dan menimbulkan masalah dalam proses pemisahan gliserin dari larutan metil ester, sehingga produk biodiesel berkurang (Berchmans and Hirata, 2008).

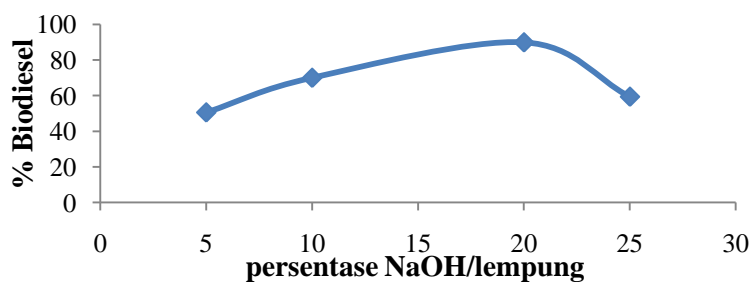


Gambar 1. Grafik pengaruh berat katalis terhadap produksi biodiesel.

### b. Pengaruh konsentrasi katalis (NaOH/lempung)

Variabel ini bertujuan mengetahui konsentrasi terbaik untuk mendapatkan hasil biodiesel yang optimal. Produksi biodiesel yang diperoleh dengan variasi 5, 10, 20, dan 25% b/b persentase NaOH/lempung. Hasil optimal 89,92% pada kondisi 20% b/b persentase NaOH/lempung, berat katalis 3 g, waktu reaksi 8 jam dan rasio mol minyak:metanol 1:6, Gambar 2 menunjukkan bahwa produksi biodiesel terus meningkat dari persentase NaOH/lempung 5% sampai dengan 20% dan pada 25% terjadi penurunan produksi biodiesel. Apabila dilihat dari luas permukaan persentase NaOH/lempung 5% sampai 20% mengalami penurunan luas permukaan (Derimasari, 2013). Untuk katalis 5% memiliki luas permukaan besar tetapi biodiesel yang dihasilkan sedikit, hal ini dikarenakan  $\text{Na}^+$  yang terdapat pada pori-pori lempung jumlahnya masih sedikit sehingga situs aktifnya kecil. Untuk katalis 20% memiliki luas permukaan kecil tetapi menghasilkan produk biodiesel paling banyak karena  $\text{Na}^+$  yang terdapat pada pori-pori lempung jumlahnya banyak sehingga situs aktifnya besar (Derimasari, 2013), sedangkan pada katalis 25% NaOH yang tersubstitusi pada lempung sudah jenuh, sehingga ada Na yang tidak berikatan, yang tidak berikatan ini akan bereaksi dengan monogliserida dan digliserida membentuk sabun.

Menurut Kusumaningsih dan Saryoso (2006), penambahan dan pengurangan konsentrasi katalis tidak akan meningkatkan hasil biodiesel tetapi hanya akan menyebabkan terbentuknya lebih banyak emulsi. Bila menggunakan katalis berlebih dari keadaan optimum akan mempengaruhi kesetimbangan reaksi, sehingga pada saat akhir reaksi akan menghasilkan produk samping yang lebih banyak seperti pembentukan sabun.



Gambar 2. Grafik pengaruh persentase NaOH/lempung terhadap produksi biodiesel.

Biodiesel optimum yang diperoleh dikarakterisasi menurut standar SNI-04-7128-2006. Hasil karakterisasi biodiesel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Hasil perbandingan karakter biodiesel penelitian ini dengan standar SNI- 04-7182-2006.

| Parameter             | Satuan                  | Biodiesel penelitian ini | SNI        |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|------------|
| Kandungan air         | % v                     | 0,02                     | Maks. 0,05 |
| Berat jenis pada 40°C | Kg/m <sup>3</sup>       | 874                      | 850-890    |
| Viskositas pada 40°C  | mm <sup>2</sup> /s, cSt | 5,05                     | 2,3-6,0    |
| Residu karbon         | % m                     | 0,023                    | Maks. 0,05 |
| Bilangan asam         | mgKOH/g                 | 0,13                     | Maks. 0,8  |
| Bilangan penyabunan   | mgKOH/g                 | 190,5                    | -          |
| Bilangan iodium       | g-I <sub>2</sub> /100g  | 61,83                    | Maks 115   |
| Titik nyala           | °C                      | 178                      | Min. 100   |
| Angka setana          | -                       | 61,04                    | Min. 51    |

### **Kandungan air**

Kandungan air yang nilainya di atas ketentuan akan menyebabkan reaksi yang terjadi pada konversi minyak nabati tidak sempurna (terjadi reaksi penyabunan). Bisa juga terjadi proses hidrolisis pada biodiesel sehingga akan meningkatkan bilangan asam, menurunkan pH, dan meningkatkan sifat korosif. Keberadaan air juga menyebabkan perkaratan dalam ruang bakar mesin, korosi dan memicu pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menyumbat aliran bahan bakar (Prihandana dkk, 2006). Hasil pengujian kandungan air biodiesel pada penelitian ini diperoleh sebesar 0,02%. Hasil yang didapat tidak melebihi standar biodiesel yang ditetapkan oleh SNI.

### **Berat jenis**

Massa jenis biodiesel tidak boleh melebihi ketentuan standar SNI biodiesel yaitu 850-890 Kg/m<sup>3</sup>, jika biodiesel mempunyai massa jenis melebihi ketentuan akan terjadi reaksi tidak sempurna pada konversi minyak nabati. Biodiesel dengan mutu seperti ini seharusnya tidak digunakan karena akan meningkatkan keausan mesin, emisi dan menyebabkan kerusakan pada mesin (Prihandana dkk, 2006).

Massa jenis menunjukkan perbandingan berat per satuan volume. Karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan per satuan volume bahan bakar. Pada tabel 4.2 menunjukkan perolehan massa jenis biodiesel yaitu 874 Kg/m<sup>3</sup>. Hasil ini tidak melebihi standar biodiesel yang ditetapkan oleh SNI.

### **Viskositas**

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi. Biasanya dinyatakan dalam waktu yang diperlukan untuk mengalir dalam jarak tertentu. Karakteristik ini sangat penting karena mempengaruhi

kinerja injektor pada mesin diesel. Viskositas yang tinggi akan menyebabkan deposit dan emisi pada mesin sebaliknya viskositas rendah akan menyebabkan pembentukan jelaga. Viskositas menunjukkan sifat pelumasan atau lubrikasi dari bahan bakar (Prihandana dkk,2006).

Hasil penentuan karakter viskositas biodiesel diperoleh sebesar 5,05 mm<sup>2</sup>/s, hasil yang diperoleh sesuai dengan standar untuk biodiesel yang ditetapkan oleh SNI.

### **Bilangan asam**

Hasil uji karakter bilangan asam biodiesel ini diperoleh yaitu 0,13 mg KOH/g, hasil ini tidak melebihi ketentuan yang ditetapkan oleh SNI (0,8 mg KOH/g). Bilangan asam yang tinggi merupakan indikasi biodiesel masih mengandung asam lemak bebas. Berarti, biodiesel bersifat korosif dan dapat menimbulkan jelaga atau kerak pada injector mesin diesel. Asam lemak dinilai sebagai penyebab salah satu masalah pada biodiesel (Prihandana dkk, 2006).

### **Residu karbon**

Tingkat residu karbon tergantung pada jumlah asam lemak bebas, jumlah gliserida, dan jumlah logam alkali sebagai katalis. Kadar residu karbon harus kecil karena fraksi hidrokarbon akan menyebabkan penumpukan residu pada ruang pembakaran yang mengakibatkan kinerja mesin akan berkurang (Prihandana dkk, 2006). Pada penelitian ini hasil residu karbon biodiesel diperoleh sebesar 0,023, hasil ini menunjukkan bahwa biodiesel memberikan residu karbon yang baik dan sesuai standar SNI.

### **Bilangan penyabunan**

Hasil penentuan bilangan penyabunan biodiesel didapatkan bahwa jumlah alkali yang dibutuhkan untuk menyabunkan satu gram biodiesel yaitu 190,5 mg KOH/g. Bilangan penyabunan mengindikasikan nilai kandungan senyawa intermediet (mono dan digliserida) dan senyawa trigliserida yang tidak bereaksi. Keberadaan senyawa-senyawa intermediet trigliserida dalam biodiesel dapat menyebabkan penyumbatan pada alat injeksi mesin (Prihandana, 2006).

### **Bilangan iodium**

Bilangan iod yang diperoleh sebesar 61,83 g I<sub>2</sub>/100 g, hasil ini menunjukan bahwa ini sesuai dengan standar yang ditetapkan SNI biodiesel maksimal 115 g I<sub>2</sub>/100 g. Angka iod yang lebih besar dari 115 akan terbentuk deposit di lubang saluran injeksi, piston ring, dan kenal piston ring pada mesin diesel yang mengakibatkan lemak ikatan rangkap mengalami ketidak stabilan pada temperatur yang tinggi sehingga terjadi reaksi polimerisasi dan pembentukan deposit (Prihandana dkk, 2006).

### **Titik nyala**

Titik nyala atau titik kilat adalah titik temperatur terendah yang menyebabkan bahan bakar dapat menyala. Penentuan titik nyala ini berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar. Pada penelitian ini titik nyala biodiesel yang dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi sebesar 178°C, memenuhi standar SNI biodiesel minimum 100°C. Titik nyala yang diperoleh cukup tinggi, ini berarti biodiesel dapat disimpan dengan mudah dan aman dalam penanganannya (Prihandana dkk, 2006).

### **Angka setana**

Angka setana menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala sendiri (*autoignation*). Pada penelitian ini angka setana yang diperoleh di atas standar minimum SNI yaitu sebesar 61,04. Angka setana tinggi menunjukkan bahwa bahan bakar dapat menyala pada temperatur yang relatif rendah. Sebaliknya, angka setana yang rendah menunjukkan bahan bakar baru dapat menyala pada temperatur yang relatif tinggi. Penggunaan bahan bakar yang memiliki angka setana tinggi dapat mencegah terjadinya detonasi dan *knocking* karena ketika bahan bakar diinjeksi ke dalam silinder pembakaran, bahan bakar akan langsung terbakar dan tidak terakumulasi (Prihandana dkk, 2006).

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa lempung palas yang diaktivasi dengan NaOH efektif sebagai katalis heterogen untuk transesterifikasi minyak sawit dengan metanol menjadi biodiesel. Hasil yang diperoleh didapatkan berat optimum untuk transesterifikasi biodiesel yaitu 3 g dan persentase NaOH/lempung 20% b/b dengan hasil biodiesel sebesar 89,92%. Pengujian karakteristik biodiesel tersebut berada dalam *range* nilai standar biodiesel yang ditetapkan oleh SNI.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing penelitian Ibu Dr. Nurhayati, M.Sc dan bapak Drs. Erman, M.Si yang telah memberikan ilmu, motivasi, waktu dan saran-sarannya untuk keberhasilan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada DIKTI dan Universitas Riau yang telah mendanai penelitian atas nama Skim PIP (Pola Ilmiah Pokok) tahun 2012.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Berchmans, H. J and Hirata, S . 2008. Biodiesel production from crude *Jatropha curcas* L. seed oil with a high content of free fatty acids. *Bioresource Technology* 99: 1716–1721.
- Derimasari, 2013. Karakterisasi Lempung Alam Desa Palas menggunakan NaOH dengan Metode Impregnasi. *Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Hakim, L. N. 2010. Peningkatan Kinerja Katalis Heterogen Lempung Bentonit dalam Produksi Biodiesel. *Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Kudus, L.O. A. 2007. *Penyiapan Lempung Termodifikasi Untuk Katalis Sintesis Biodiesel*. ITB, Bandung.
- Kusumaningsih, T dan Saryoso, R. 2006. Pembuatan Bahan Bakar Biodiesel dari Minyak Jarak; Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH pada Reaksi Transesterifikasi Berbasis Katalis Basa. *Jurnal Bioteknologi UNS*. 3 (1): 20-26.
- Nurhayati dan Amri, T. A. 2005. *Buku Ajar Kuliah Kimia Katalisa*. Jurusan Kimia FMIPA-Universitas Riau, Pekanbaru.

- Prihandana, R., Hendroko, R., dan Nurmin, M. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. Agromedia Pustaka, Surabaya.
- Prihandana, R., Hambali, E., Mujdalipah, S., Hendroko, R. 2007. *Meraup Untung dari Jarak Pagar*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Sundaryono, A. 2010. *Karakterisasi Biodiesel dan Blending Biodiesel dari Oil Losses Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit*. *J.rek.Ind. Pert.* 21(1): 34-40.
- Susanto, 2013. Sintesis Biodiesel dengan Lempung Palas Aktivasi NaOH yang Dikalsinasi pada Suhu 300°C. *Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Syah, A. N. A. 2006. *Biodiesel jarak Pagar Bahan Alternatif yang Ramah Lingkungan*. Penerbit Aromedia Pustaka, Jakarta.
- Ugheoko, B. I., Patrick. D. O., Kefas. H. M., Onche. E. O. 2007. Determination of Optimal Catalyst Concentration For Maximum Biodiesel Yield From Tigernut (Cyperus Esculentus) Oil. *Leonardo Journal and Science*. 10:131-136.
- Viftaria, M. 2012. Aktivasi Lempung Cengar dengan Natrium Asetat dan Sifat Katalitik Untuk Produksi Biodiesel, Berat Katalis dan Suhu Reaksi. *Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Riau, Pekanbaru.