

ETERIFIKASI *CRUDE GLYCEROL* DENGAN TERT-BUTIL ALKOHOL (TBA) MENGGUNAKAN KATALIS *AMBERLITE IR120* SEBAGAI *FUEL ADDITIVE* (TINJAUAN PENGARUH KECEPATAN PENGADUKAN DAN JUMLAH KATALIS TERHADAP KONVERSI PRODUK)

Zulfa Fauziyyah, Heri Rustamaji, Septi Qomah

Teknik Kimia, Universitas Lampung,
Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng Bandar Lampung 35145
zulfafauziyyah0913@gmail.com

Abstrak

Proses eterifikasi gliserol dan tert-butyl alkohol menggunakan katalis Amberlite IR120 dilakukan dengan menggunakan reaktor batch pada suhu 70°C selama 5 jam dengan . Parameter penelitian yang akan divariasikan yaitu jumlah katalis Amberlite IR120 masing-masing 5%, 10%, dan 15%, dan memvariasikan Kecepatan pengadukannya masing-masing 600rpm, 800rpm, 1000rpm . Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi gliserol menjadi Gliserol Tert Butyl Eter (GTBE) atau Tri Tetra Butyl Eter Gliserol yang sesuai dengan standar fuel additive, mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan dan jumlah katalis terhadap konversi GTBE yang dihasilkan, dan mengetahui variabel respon pengaruh kecepatan pengadukan dan jumlah katalis terhadap konversi GTBE dengan menggunakan uji Response Surface Methodology (RSM) dengan Software Design Expert. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konversi GTBE terendah diperoleh pada kecepatan pengadukan 600rpm dan jumlah katalis 5% yaitu 80,481% serta konversi GTBE tertinggi diperoleh pada kecepatan pengadukan 1000rpm dan jumlah katalis 15% yaitu 89,648%. Hasil uji Response Surface Methodology (RSM) dengan Software Design Expert 10. variabel respon yang sangat berpengaruh terhadap konversi GTBE adalah jumlah katalis Amberlite IR120.

Katakunci: gliserol, tert-butyl alkohol, amberliteIR120, eterifikasi, gliserol tert-butyl eter

Abstract

The etherification process of glycerol and tert-butyl alcohol using Amberlite IR120 catalyst was performed by using batch reactor at 70oC for 5 hours with the research parameters to be varied were Amberlite IR120 catalysts 5%, 10%, and 15%, respectively, and varied stirring speeds of 600rpm, 800rpm, 1000rpm, respectively. The aim of this research is to modify glycerol to Glycerol tert Butyl Eter (GTBE) or Tri Tetra Butyl Ether Glycerol in accordance with standard fuel additive, to know the effect of stirring speed and number of catalysts on the resulting GTBE conversion, and to know the response variable influence the speed of stirring and the amount of catalyst against GTBE conversion using Response Surface Methodology (RSM) test with Software Design Expert. The results showed that the lowest GTBE conversion was obtained at 600rpm stirring speed and 5% catalysts were 80.481% and the highest GTBE conversion was obtained at 1000rpm stirring speed and 15% catalyst was 89.648%. Response Surface Methodology (RSM) with Software Design Expert 10.response variable that is very influential to GTBE conversion is the number of Amberlite IR120 catalyst.

Keywords: glycerol, tert-butyl alcohol, amberliteIR120, etherification, tert-butyl ether glycerol.

PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif terbarukan yang saat ini banyak dikembangkan di berbagai negara karena dapat diperbarui dan aman bagi lingkungan. Biodiesel digunakan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil terutama solar. Jika dibandingkan dengan minyak solar, biodiesel memiliki beberapa kelebihan yaitu biodiesel dibuat dari sumber bahan baku terbarukan sehingga dapat diperoleh dan dikembangkan secara terus menerus, memiliki sifat pelumasan yang cukup baik, dan juga secara signifikan berpengaruh dalam mereduksi emisi mesin seperti hidrokarbon yang tidak terbakar, karbon monoksida, dan sulfur oksida [1], sehingga dapat dikatakan ramah lingkungan. Namun biodiesel juga memiliki beberapa kekurangan, antara lain nilai bakar biodiesel lebih rendah dari bahan bakar solar, biodiesel memiliki stabilitas oksidasi penyimpanan yang rendah, emisi NO_x tinggi, dan cenderung membentuk endapan di dalam bahan bakar dengan sistem injeksi. Selain itu biodiesel masih memiliki kelemahan yaitu tingginya *cloud point* (titik kabut) dan *pour point* (titik tuang) dibandingkan solar. Hal ini dapat menimbulkan masalah pada penggunaan biodiesel terutama di negara-negara yang memiliki musim dingin. Untuk mengatasi hal ini biasanya ditambahkan aditif tertentu pada biodiesel untuk mencegah aglomerasi kristal-kristal yang terbentuk dalam biodiesel pada suhu rendah [2]. Peningkatan produksi biodiesel, mengakibatkan peningkatan produk-produk hasil sampingnya seperti gliserol. Sebagai produk samping industri biodiesel, gliserol belum banyak diolah sehingga nilai jualnya masih rendah. Untuk meningkatkan nilai ekonomi dan fungsi gliserol, dapat dilakukan dengan mengkonversi gliserol menjadi produk turunan yang mempunyai nilai ekonomi lebih [3].

Gliserol dihasilkan dalam proses produksi biodiesel sebagai hasil samping (*crude*) dari reaksi transesterifikasi. Gliserol berpotensi sebagai bahan baku untuk dikonversi menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk memperoleh turunan gliserol. Produk-produk turunan gliserol dapat digunakan sebagai *biochemical* dan *fuel additive*. Produk-produk yang dapat diproduksi meliputi Gliserol Trihepanoat, Gliserol Monostearat, Lesithin, Tri

Tetra Butil Eter Gliserol, Mono Gliserida Oleat, Gliserol Triasetat/Triasetin, Gliserol Tri Bensoat/Tribensoit dan Resin Ester Gliserol Maleat. Secara umum produk-produk ini digunakan di industri kosmetik, makanan, kertas, tinta, plastik, dan zat aditif bahan bakar biodiesel dan gasolin [4].

Dari beberapa penggunaan hasil turunan gliserol tersebut, gliserol telah diteliti dan dimodifikasi menjadi Gliserol Tert Butil Eter (GTBE) atau Tri Tetra Butil Eter Gliserol yang berpotensi digunakan sebagai *fuel additive* pada biodiesel dan gasolin. Turunan gliserol ini dapat dijadikan bahan aditif untuk biodiesel sendiri agar *cloud point*, *pour point* biodiesel dapat berkurang, jumlah gas CO dan partikel emisi dapat berkurang dengan terjadinya pembakaran yang lebih sempurna serta berfungsi sebagai *octane booster* untuk gasolin [5].

Penambahan GTBE ke dalam biodiesel dapat menurunkan titik kabut biodiesel sebesar 5°C. Nilai titik tuang dan titik kabut berkorelasi dengan ketidakjenuhan biodiesel. Biodiesel yang memiliki ikatan tidak jenuh semakin tinggi akan memiliki *cold properties* yang lebih baik. Biodiesel *Crude Palm Oil* (CPO) banyak mengandung asam lemak jenuh sehingga memiliki nilai titik kabut dan titik tuang yang cukup tinggi. GTBE dapat menurunkan titik kabut dan titik tuang biodiesel karena gliserol merupakan salah satu zat krioprotektan (*cryoprotectant*), yaitu zat pelindung dari kebekuan [6]. Namun karena gliserol tidak dapat larut dalam biodiesel maka gliserol harus dimodifikasi, salah satunya adalah dengan proses eterifikasi [7].

Gliserol dapat dieterifikasi dengan isobutilen sehingga terbentuk gliserol eter bercabang yang ditambahkan ke dalam biodiesel agar menghasilkan bahan bakar berviskositas rendah dan menurunkan titik kabut. Selain dengan isobutilen, eterifikasi gliserol juga dapat dilakukan dengan Tert-Butil Alkohol (TBA). Proses eterifikasi gliserol dapat dilakukan menggunakan katalis homogen ataupun katalis heterogen. Katalis heterogen, terutama katalis resin asam kuat (*Amberlite*) cenderung lebih dipilih karena lebih ramah lingkungan daripada katalis homogen [8].

Penelitian tentang eterifikasi gliserol menjadi GTBE telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu antara lain, Klepacova [9] yang meneliti tentang proses eterifikasi gliserol

dengan tert-butanol menggunakan *Amberlite IR120* sebagai katalis. Konversi maksimum gliserol tert butil eter sebesar 96% dicapai pada suhu 70°C, rasio molar tert-butanol/gliserol = 6:1 setelah 300 menit. aktivitas katalitik *Amberlite IR120* dibandingkan dengan dua zeolit berpori besar (zeolit H-Y dan zeolit H-BEA). Konversi akhir gliserol yang diperoleh tertinggi dengan menggunakan *Amberlite IR120* dibandingkan zeolit H-Y dan zeolit H-BEA. Selain itu, Nouredini [6] telah meneliti tentang reaksi eterifikasi gliserol dengan isobutilen menggunakan katalis *Amberlite IR120*, reaktor yang digunakan adalah reaktor batch dengan kecepatan pengaduk (*impeller*) yaitu 800 rpm serta gliserol yang digunakan adalah gliserol dengan kemurnian 75-85%. Hasilnya menunjukkan bahwa produk yang diperoleh adalah berupa 24% *monoether*, 62% *diethers* dan 14% *triethers*. Serta Karinen dan Krause [7] telah meneliti tentang reaksi eterifikasi gliserol dengan tert-butil alkohol menggunakan katalis *Amberlite IR120* dan menyimpulkan bahwa gliserol eter yang diperoleh memiliki *octane number* 91-99 (BMON) yang cocok untuk komponen gasolin.

Pada penelitian terdahulu, sifat fisik dan sifat kimia (seperti densitas, viskositas, titik nyala, dan lainnya) produk gliserol tert-butil eter dihasilkan belum disampaikan. Sehingga penelitian-penelitian terdahulu belum memberikan informasi yang penting tentang kesesuaian sifat fisik dan sifat kimia produk gliserol eter sebagai *fuel additive* yang dipersyaratkan (standar *fuel additive*).

Konsentrasi Gliserol Tert Butil Eter (GTBE) yang terbentuk dari reaksi eterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu, waktu, jenis dan jumlah katalis serta rasio molar gliserol dengan TBA atau isobutilen [6].

1.2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan dan jumlah katalis terhadap konversi GTBE serta mengetahui sifat fisik dan sifat kimia produk gliserol tert-butil eter yang dihasilkan dari reaksi eterifikasi tersebut.

1.3. Metode Penelitian

Bahan utama yang digunakan penelitian ini adalah gliserol, tert-butil alkohol, dan katalis *amberlite IR120*. Proses eterifikasi mengguna-

kan reaktor *batch*. Tahap awal yang dilakukan adalah mencampurkan bahan baku yaitu gliserol, tert-butil alkohol, dan katalis *amberlite IR120* sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan ke dalam tangki penampungan yang selanjutnya akan diumpangkan ke dalam reaktor. Tahap kedua dilakukan pengontrolan suhu pemanas sehingga suhu campuran bahan baku di dalam reaktor konstan menjadi 70°C. Saat suhu campuran bahan baku telah tercapai yaitu 70°C, maka dimulai Variasi pengadukan 600rpm - 1000 rpm dan mereaksikan campuran bahan baku tersebut selama waktu yang telah ditentukan yaitu 5 jam. Tahap terakhir produk diupkan untuk menghilangkan sisa tert-butil alkohol dan air di dalam produk tersebut.

PEMBAHASAN

Hasil Analisis

Analisis GC-MS

Dari hasil analisis GCMS yang telah dilakukan, gliserol tert-butil eter yang terbentuk yaitu berupa 2-tert-butoxy-propane-1,3-diol (mono-tert-butil eter gliserol); 3-tert-butoxy-propane-1,2-diol (mono-tert-butil eter gliserol); 1,3-di-tert-butoxy-propan-2-ol (di-tert-butil eter gliserol); 1,2-di-tert-butoxy-propan-3-ol (di-tert-butil eter gliserol); dan 1,2,3-tri-tert-butoxy-propane (tri-tert-butil eter gliserol).

Analisis Sifat Fisik dan Sifat Kimia GTBE

Perbandingan sifat fisik dan sifat kimia hasil analisis dengan standar *fuel additive* dapat dilihat pada Tabel 1. berikut:

Tabel 1. Perbandingan Sifat Fisik dan Sifat Kimia GTBE

No	Parameter	Hasil Analisis GTBE	Standar <i>Fuel Additive</i>
1	Densitas (gr/cm ³)	0,8693	0,75-0,95
2	Viskositas (mm ² /s)	2,934	1,9-6,0

3	Titik nyala (°C)	142,78	Min 100
4	Titik awan (°C)	23,01	Min -36
5	Titik tuang (°C)	6,71	Maks 18
6	Octane number	92,40	90-99

Dari Tabel 1. diatas, terlihat bahwa densitas dan viskositas hasil analisis sifat fisik gliserol tert-butyl eter yang dihasilkan sesuai dengan standar *fuel additive* yaitu masing-masing $0,8693 \text{ gr/cm}^3$ dan $2,934 \text{ mm}^2/\text{s}$. Titik nyala dan titik awan hasil analisis sifat fisik gliserol tert-butyl eter yang dihasilkan melebihi nilai minimal standar *fuel additive* yaitu masing-masing $142,78^\circ\text{C}$ dan $23,01^\circ\text{C}$. Sedangkan nilai titik tuang hasil analisis sifat fisik gliserol tert-butyl eter yang dihasilkan dibawah nilai maksimal standar *fuel additive* yaitu $6,71^\circ\text{C}$. Dan untuk angka oktan (*octane number*) hasil analisis sifat fisik gliserol tert-butyl eter yang dihasilkan memenuhi standar *fuel additive* yaitu 92,40. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sifat fisik gliserol tert-butyl eter yang dihasilkan memenuhi standar *fuel additive*.

Konversi GTBE

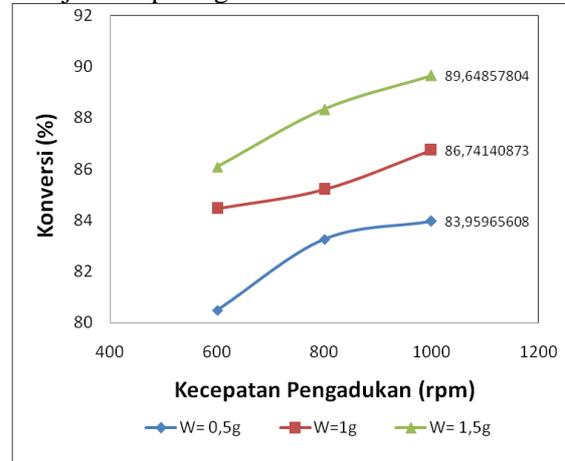
Konversi GTBE yang diperoleh dari hasil penelitian ditunjukkan pada Tabel 2. berikut:

Tabel 2. Konversi GTBE

No	Kecepatan pengadukan (rpm)	Jumlah katalis (% berat gliserol)	Konversi GTBE (%)
1	600	5%	80,481
2		10%	83,253
3		15%	83,959
4	800	5%	84,450
5		10%	85,211
6		15%	86,741
7	1000	5%	86,090
8		10%	88,332
9		15%	89,648

2.3. Hubungan Rasio Molar Reaktan dan Jumlah Katalis terhadap Konversi GTBE

Hubungan Kecepatan Pengadukan terhadap konversi gliserol tert-butyl eter yang dihasilkan ditunjukkan pada gambar 1. berikut:

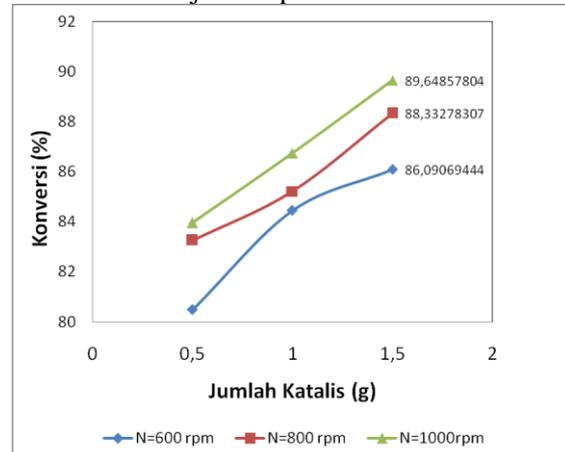


Gambar 1. Hubungan Kecepatan Pengadukan terhadap Konversi GTBE

Dari Gambar 1. terlihat bahwa dengan peningkatan Kecepatan Pengadukan dari 600 menjadi 1000, konversi gliserol tert-butyl eter yang dihasilkan mengalami peningkatan yaitu dari 80,481% menjadi 86,090% pada jumlah katalis 5%, dari 83,253% menjadi 88,332% pada jumlah katalis 10% dan dari 83,959% menjadi 89,648% pada jumlah katalis 15%.

Sehingga dapat disimpulkan semakin besar kecepatan pengadukan yang digunakan maka semakin besar pula konversi gliserol tert-butyl eter yang dihasilkan.

Hubungan jumlah katalis *Amberlite IR120* terhadap konversi gliserol tert-butyl eter yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 2. berikut:



Gambar 2. Hubungan jumlah katalis *Amberlite IR120* terhadap Konversi GTBE

Dari Gambar 2. diatas terlihat bahwa dengan peningkatan jumlah katalis dari 5% menjadi

10% dan 15%, konversi gliserol tert-butyl eter yang dihasilkan juga mengalami peningkatan dari 80,481% menjadi 84,45% dan 86,090% pada kecepatan pengadukan 600rpm. Lalu dengan peningkatan jumlah katalis dari 5% menjadi 10% dan 15%, konversi gliserol tert-butyl eter yang dihasilkan juga mengalami peningkatan dari 83,253% menjadi 85,211% dan 88,332% pada kecepatan pengadukan 800rpm. Selanjutnya dengan peningkatan jumlah katalis dari 5% menjadi 10% dan 15%, konversi gliserol tert-butyl eter yang dihasilkan juga mengalami peningkatan dari 83,959% menjadi 86,741% dan 89,648% pada kecepatan pengadukan 1000rpm. Sehingga dapat disimpulkan semakin besar jumlah katalis yang digunakan maka semakin besar pula konversi gliserol tert-butyl eter yang dihasilkan.

2.4. Variabel Respon yang Paling Berpengaruh terhadap Konversi GTBE

Variabel respon perlu dicari untuk mengetahui kondisi yang paling optimum dan efisien untuk memproduksi gliserol tert-butyl eter dilihat dari konversi gliserol tert-butyl eter terhadap variabel jumlah katalis *Amberlite IR120* (X_1) dan

variabel Kecepatan pengadukan (X_2) menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) pada *Software Design Expert*.

Response Surface Methodology (RSM) merupakan suatu metode gabungan antara teknik matematika dan teknik statistik, digunakan untuk membuat model dan menganalisa suatu respon Y yang dipengaruhi oleh beberapa variabel bebas/faktor X guna mengoptimalkan respon tersebut. Data analisis akan dihubungkan dengan data eksperimen pada *smooth curve*, dimana diplot berdasarkan perhitungan respon yang diprediksi secara spesifik. *Response Surface Methodology* (RSM) membuat hubungan antara variabel dan responnya secara lebih profesional dan terperinci.

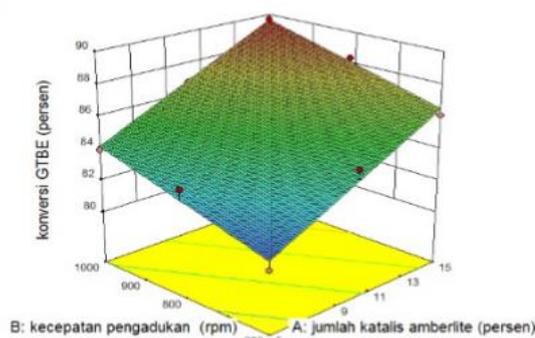
Untuk membandingkan variabel respon yang sangat berpengaruh terhadap konversi GTBE, akan dibandingkan konversi GTBE dari hasil penelitian dengan variabel respon hasil optimasi dengan menggunakan *Design Expert* ditunjukkan pada Tabel 3. berikut:

Tabel 3. Perbandingan Konversi GTBE

No	Kecepatan pengadukan (rpm)	Jumlah katalis (%berat gliserol)	Konversi GTBE hasil penelitian (%)	Koversi GTBE hasil optimasi <i>Design Expert 10</i> (%)
1	600	5%	80,481	81,068
2		10%	83,253	83,797
3		15%	83,959	84,527
4	800	5%	84,450	84,622
5		10%	85,211	85,352
6		15%	86,741	86,906
7	1000	5%	86,090	84,177
8		10%	88,332	88,081
9		15%	89,648	89,693

Dari Tabel 3. terlihat bahwa konversi GTBE hasil optimasi dengan menggunakan *Design Expert 10*. pada setiap Run, tidak terlalu berbeda dengan konversi GTBE hasil penelitian.

Data hasil optimasi dengan menggunakan *Design Expert* seperti pada tabel 3. diatas jika diplotkan ke dalam grafik 3D akan terlihat seperti pada Gambar 3. berikut:



Gambar 3. Grafik Variabel Respon Konversi GTBE (Plot 3D)

Dari hasil optimasi dengan menggunakan *Design Expert* yang diperoleh, variabel respon yang sangat berpengaruh terhadap konversi GTBE adalah variabel respon jumlah katalis (X_1). Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel respon yang sangat berpengaruh untuk optimasi konversi GTBE adalah dengan meningkatkan jumlah katalis *Amberlite IR120* pada proses eterifikasi.

SIMPULAN

- 1) Konversi GTBE terendah diperoleh pada Run 1 dengan kecepatan pengadukan 600rpm dan jumlah katalis 5% yaitu 80,481% serta konversi GTBE tertinggi diperoleh pada Run 9 dengan kecepatan pengadukan 1000 rpm dan jumlah katalis 15% yaitu 89,648%.
- 2) Reaksi eterifikasi gliserol optimal dilakukan pada kecepatan pengadukan 1000rpm dan jumlah katalis 15%.
- 3) Variabel respon yang sangat berpengaruh terhadap konversi GTBE adalah jumlah katalis sehingga cara untuk optimasi konversi GTBE adalah dengan meningkatkan jumlah katalis *Amberlite IR120* pada proses eterifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pelaksanaan penelitian ini dapat diselesaikan karena tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Leduc S. et al. 2009. Optimizing Biodiesel Production in India. *Apply Energy* 86.S1: S125-31.
- [2]. Fukuda H, Kondo A, Noda H. 2001. Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils. *Journal of Bioscience and Engineering*. 5:405-416.
- [3]. Kiatkittipong W, et al. 2011. Glycerol Ethers Syntesis From Glycerol Etherification with Tert-Butyl Alcohol in Reactive Distillation. *Journal Computers and Chemical Engineering*, vol. 35, no. 10, pp. 2034-2043.
- [4]. Setyaningsih D, dkk. 2008. Peningkatan Kualitas Biodiesel Jarak Pagar Melalui Sintesis Gliserol Eter Sebagai Aditif Penurun Titik Awan dan Titik Tuang. *Laporan Penelitian*. Surfactant and Bioenergy Research Center, IPB, Bogor.
- [5]. Rahmat N, et al. 2010. Recent Progress on Innovative and Potential Technologies for Glycerol Transformation into Fuel Additives: a Critical Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 3, pp. 987-1000.
- [6]. Nouredini HS, Bailey WR, Hunt BA. 1988. Production of Glycerol Ether From Crude Glycerol – The by-Product of Biodiesel Production. *Papers in Biomaterial 1988*. Chemical and Biomolecular Engineering Research and Publication.
- [7]. Karinen RS dan Krause AOI. 2006. New Biocomponent from Glycerol. *Journal of Applied Catalyst A: General* 306: 128-133.
- [8]. Onal MUS, Srikaya YU, Alemdaroglu TU. 2002. The effect of Acid Activation on Some Physicochemical Properties of A bentonite. *Turk J Chem* 26:409-416.
- [9]. Klepáková K, Mravec D, Hájeková E, Bajus M. 2003. Etherification of Glycerol. *Journal of Petroleum and Coal* 45 (1-2): 54-57.