

PEMURNIAN GLISEROL HASIL PRODUK SAMPING BODIESEL DENGAN KOMBINASI PROSES ADSORPSI-MIKROFILTRASI-EVAPORASI

Natalia Suseno^{1*}, Tokok Adiarto², Riza Alviany¹, Kartika Novitasari¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya

²Departemen Kimia, Universitas Airlangga, Surabaya

Jl. Raya Kalirungkut, Surabaya 60293

*E-mail: suseno.natalia@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini, gliserol kasar (*crude glycerol*) diperoleh dari produk samping produksi biodiesel berupa larutan kental yang berwarna coklat kekuningan dengan pH mendekati netral. Kondisi awal kemurnian *crude glycerol* termasuk cukup tinggi (~80%), namun untuk mendapatkan gliserol dengan standart komersial kemurnian tinggi (>90%), masih diperlukan penghilangan senyawa pengotor seperti garam-garam inorganik, methanol dan air. Untuk tujuan menghasilkan pemurnian gliserol dengan standar komersial, kandungan pengotor dipisahkan dengan kombinasi proses adsorpsi dengan karbon aktif, dilanjutkan penyaringan menggunakan membran dan pemisahan methanol dan air dengan menggunakan rotary evaporator. Selain itu dipelajari pengaruh variabel-variabel proses adsorpsi (jenis adsorben dengan tingkat kemurnian teknis dan p.a, konsentrasi adsorben dan waktu adsorpsi) terhadap kadar kemurnian gliserol yang dihasilkan. Karakterisasi gliserol meliputi analisa kadar gliserol total, densitas, viskositas, dan gugus fungsi menggunakan FTIR. Gliserol hasil pemurnian tidak berwarna (bening) dengan kadar kemurnian maksimum 92,81%, viskositas 152,48cp dan densitas 1,254g/cm³ mendekati standart kemurnian gliserol komersial.

Kata kunci: gliserol kasar, karbon aktif, karbon aktif teknis, membran, pemurnian, rotary evaporator

PURIFICATION OF CRUDE GLISEROL BY-PRODUCT OF BODIESEL PRODUCTION VIA A COMBINE PROCESS OF ADSORPTION-MICROFILTRATION-EVAPORATION

Abstract

This study, crude glycerol was obtained from a by-product of biodiesel production in the form of viscous yellowish brown solution with near neutral pH. The initial purity of crude glycerol was relatively high (~80%), but to obtain glycerol with high purity of commercial grade (> 90%), color removal and impurity mixtures such as inorganic salts, methanol and water are still needed. For the purpose to obtain high purity of commercial grade, the impurities content was carried out through combination of adsorption process and activated carbon as adsorbent, followed by filtering using membranes and removing the water and methanol with a rotary evaporator. In addition, the variables of the adsorption process were studied (grade of adsorbent i.e technical and p.a activated carbon, concentration of adsorbent and time of adsorption) to the purity of glycerol produced. The characterization of glycerol purified included total glycerol, density, viscosity, and functional groups using FTIR. Glycerol purified were colorless and clear with a maximum purity of 92.81%, viscosity of 152.48 cp and a density of 1.254 g / cm³ based on the standard of commercial glycerol purity grade.

Key words: activated carbon, crude glycerol, membrane, purity, rotary evaporator

PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan bahan bakar dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia, maka produksi biodiesel dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif bahan bakar yang bersifat dapat diperbarui (renewable). Industri-industri oleokimia seperti pada produksi biodiesel dengan bahan baku lemak dari minyak nabati yaitu melibatkan reaksi transesterifikasi antara trigliserida dan alkohol yang lebih rendah (Helwani, dkk., 2009; Prasetyo, dkk, 2012). Pembuatan biodiesel dapat melibatkan proses esterifikasi dan transesterifikasi dari minyak goreng bekas dengan bantuan katalis *ion exchange* bersifat asam (Nezahat, et.al, 2008). Hasil samping dari produksi biodiesel akan menghasilkan limbah berupa residu gliserol yang terdiri dari gliserol kasar (*crude* gliserol) dengan kandungan senyawa pengotor (impurities) berupa asam lemak bebas, asam lemak metil ester dan garam-garam inorganik, methanol dan air. Crude gliserol ini umumnya dihasilkan 10-20% dari total volume produk biodiesel, namun belum banyak dimanfaatkan secara maksimal karena masih mengandung banyak zat pengotor (Darnoko, D. dan Cheryan, M., 2000). Crude gliserol mengandung 20,2% gliserol, 6,6% asam lemak (sebagai sabun), dan 64,3% garam (Yong et.al., 2001). Kadar gliserol dalam crude gliserol dapat berbeda-beda tergantung dari sumber bahan baku yang digunakan dan proses pembuatan serta pemurnian produk biodiesel. Untuk tujuan meningkatkan kadar gliserol dalam crude gliserol, umumnya digunakan teknik ekstraksi asam basa. Crude gliserol yang mengandung sabun diasidifikasi dengan penambahan asam seperti asam fosfat, untuk menguraikan menjadi asam lemak yang kemudian dilakukan penambahan basa untuk netralisasi kelebihan asam. Teknik ekstraksi asam basa dapat meningkatkan kadar gliserol dalam crude gliserol sekitar 60-80%. Di industri kimia, gliserol adalah bahan yang dibutuhkan pada berbagai kegunaan antara lain sebagai penambah cita rasa makanan, pelarut bahan obat-obatan, multivitamin, bahan baku dari lotion kulit, sabun kecantikan, bedak cair, pembersih mata, poliester, alkil resin, pelumas, zat anti beku, bahan baku dalam proses pengolahan karet dan sebagai bahan baku larutan pembersih. Gliserol digunakan dalam bentuk gliserin maupun gliseridanya. Gliserol diproduksi secara komersial dengan kemurnian 85%-96% (Contreras, I., et.al., 2015)

Penelitian yang dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kemurnian crude gliserol telah dilakukan oleh beberapa peneliti, antara lain: dilakukan proses asidifikasi dengan penambahan asam fosfat, sulfat dan asetat, ekstraksi dengan pelarut polar (metanol, etanol, propanol) dan adsorpsi dengan karbon aktif, sehingga diperoleh hasil kemurnian gliserol sebesar 95,74%

(Manosak, et.al, 2011). Penambahan asam fosfat untuk memisahkan sabun dari asam lemak yang terdapat dalam crude glyserol yang bersumber dari minyak kelapa sawit (Prakoso, 2007). Metode filtrasi dari koagulasi garam inorganik dan pemisahan metanol dengan menggunakan distilasi vakum pada suhu 60°C dan tekanan 3 kPa selama 50 menit, menghasilkan gliserol dengan kemurnian 86% dari kemurnian awal sebesar 30% (Hajek et al., 2009), (Yong et al., 2001). Metode pemurnian gliserol yang lain yaitu menggunakan proses elektrolisis menghasilkan kemurnian gliserol sebesar 99,7% (Surrod et al., 2008). Untuk mendapatkan hasil kemurnian yang tinggi digunakan proses kombinasi dari beberapa tahap proses seperti netralisasi, dekantasi, destilasi, adsorpsi (Kovaks A., 2011). Pemanfaatan crude glycerol dari industri biodiesel untuk pembuatan biobased polyester (Valerio, et.al, 2015).

Penelitian ini menggunakan sampel dari limbah industri biodiesel. Kondisi awal sampel memiliki warna coklat kekuningan seperti minyak goreng, sedangkan pada umumnya crude gliserol dari hasil samping produksi biodiesel memiliki warna coklat kehitaman dan keruh. Sampel dengan warna yang bening dan kental menunjukkan kemungkinan sampel telah mengalami pengolahan awal penghilangan kandungan sabun yang mengandung asam lemak bebas, sementara warna kuning keemasan diakibatkan oleh adanya pigmen beta-karoten dari CPO yang merupakan bahan baku pembuatan biodiesel. Penentuan kondisi awal ditinjau dari kadar gliserol dalam crude gliserol. Hasil pengujian analisa gliserol total menggunakan metode (AOCS Ca 14-56, 2017) diperoleh kadar crude gliserol sebesar 80,71%. Nilai kadar gliserol tersebut termasuk cukup tinggi untuk produk samping dari produksi biodiesel dibandingkan kadar gliserol produk samping biodiesel pada umumnya berada pada kisaran 20% (Yong et.al., 2001). Kadar gliserol yang tinggi ini juga mengakibatkan tidak terbentuknya dua atau tiga lapisan jika dilakukan proses pengasaman (asidifikasi) menggunakan asam fosfat. Terbentuknya dua atau tiga lapisan pada sampel dipengaruhi oleh komponen penyusun dan pH dari sampel. Umumnya kondisi awal bahan baku crude gliserol pada sampel memiliki pH basa (11-12). Kondisi sampel yang akan dimurnikan memiliki pH mendekati netral yaitu 6,8. Hal ini menunjukkan kemurnian crude gliserol awal cukup tinggi, namun untuk mencapai standar kualitas kemurnian gliserol teknis komersial, crude gliserol masih perlu ditingkatkan kemurniannya. Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemurnian gliserol dengan cara melakukan kombinasi proses adsorpsi, mikro filtrasi dengan membran dan evaporasi.

Dalam proses adsorpsi digunakan 2 jenis karbon aktif teknis dan p.a. Karbon aktif adalah

salah satu jenis adsorben yang non-polar dan harganya relatif murah. Karbon aktif dapat menyerap komponen inorganik dengan gaya tarik Van der Waals. Komponen pengotor yang diharapkan untuk diserap adalah garam-garam inorganik dan FFA (*Free Fatty Acid*) dari crude gliserol yang merupakan senyawa yang kurang polar bila dibandingkan dengan gliserol.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan adalah crude gliserol, adsorben: karbon aktif teknis dan p.a, bahan yang digunakan untuk analisa kemurnian gliserol antara lain: kalium hidroksida (KOH), asam periodat (HIO₄), natrium tiosulfat (Na₂S₂O₃), kalium iodida (KI), asam asetat glasial, pati, kloroform, kalium dikromat, asam klorida, etanol, dan aquades.

Alat

Alat-alat yang digunakan adalah seperangkat alat gelas, alat rotary evaporator, corong Buchner, pompa vakum, oil bath, timbangan analitis, buret 50ml, hot plate stirrer, oven, desikator, piknometer, Brookfield Viscometer tipe digital RVT, FTIR merk Bruker, Tensor 27.

Proses Pemurnian Crude Gliserol

Proses pemurnian gliserol dilakukan melalui 3 tahap, yaitu tahap persiapan aktivasi bahan adsorben karbon aktif teknis, tahap pemisahan zat warna dengan menggunakan membran mikrofiltrasi dilanjutkan dengan pemisahan pelarut air menggunakan rotary evaporator. Persiapan adsorben dilakukan dengan mencuci karbon aktif dengan air. Pencucian dilakukan dengan cara pembilasan dengan air dan selanjutnya disaring. Pembilasan dilakukan berulang kali sampai warna air hasil penyaringan berwarna jernih. Selanjutnya karbon aktif teknis dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 20menit, kemudian didinginkan dalam desikator selama 10menit. Karbon aktif yang telah bersih ditimbang untuk siap digunakan sebagai adsorben.

Tahap pertama proses pemurnian gliserol dilakukan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif teknis dengan berbagai variasi konsentrasi dan waktu adsorpsi. Sampel crude gliserol sebanyak 50gram dimasukkan dalam gelas piala 400ml dan ditambahkan air dengan rasio 3:2 dan ditambahkan karbon aktif teknis dengan variasi konsentrasi (3, 6, 9, 12, 15, 18)% berat. Campuran diaduk dengan motor pengaduk magnet selama 30 menit dan dilakukan pendiaman selama 6 jam. Selanjutnya untuk konsentrasi karbon aktif teknis dengan kadar gliserol tertinggi digunakan sebagai parameter tetap pada proses adsorpsi dengan variasi lama perendaman (2, 6, 12, 15, 18, 24)jam, pada waktu

adsorpsi optimum, karbon aktif teknis dipisahkan dengan corong buchner dengan bantuan pompa vakum.

Tahap ke-dua proses pemurnian gliserol digunakan karbon aktif p.a dengan cara menimbang 100 gram crude gliserol dan dimasukkan ke dalam gelas piala 400 ml. Proses adsorpsi menggunakan karbon aktif p.a dilakukan selama 40 menit dengan variasi konsentrasi (1; 1,5; 2; 2,5; 3)% berat, Selanjutnya untuk konsentrasi karbon aktif p.a yang memberikan kadar gliserol tertinggi digunakan sebagai parameter tetap untuk proses adsorpsi dengan variasi lama perendaman (20, 40, 60, 80, 100, 120)menit. Tahap ke-tiga adalah tahap separasi menggunakan membran selulosa nitrat 0,2µm untuk memisahkan zat warna kuning yang masih sedikit terdapat dalam gliserol hasil pemurnian (Lindu, M.,2008) diikuti dengan pemisahan kandungan air dengan cara penguapan menggunakan rotary evaporator pada kondisi vakum 100 mmHg pada suhu 70°C. Sampel yang telah disaring diencerkan sampai 10% berat dengan menambahkan air untuk dilakukan karakterisasi terhadap kemurnian gliserol.

Karakterisasi Gliserol

Karakterisasi terhadap crude gliserol, gliserol hasil pemurnian dan gliserol komersial (grade A dan B) dilakukan dengan 2 cara yaitu secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif gliserol diamati dari segi warna gliserol sebelum dan setelah diadsorpsi, sedangkan spektrum gugus fungsi dari gliserol tersebut menggunakan FTIR. Spektrum yang dihasilkan dari FTIR kemudian dianalisa area serapan dari ikatan antar atom. Untuk analisa kuantitatif meliputi uji kadar gliserol, viskositas menggunakan viskometer *Brookfield* dan uji densitas menggunakan piknometer.

Kadar kemurnian crude gliserol dan gliserol hasil pemurnian serta gliserol komersial diuji dengan metode dari American Oil Chemist Society yang biasa disebut metode iodometri-asidimetri (AOCS Ca 14-56, 2017). Metode analisis standar ini merupakan prosedur untuk menentukan kadar gliserol total, gliserol bebas dan gliserol terikat di dalam biodiesel ester alkil. Gliserol bebas ditentukan langsung pada sampel yang dianalisis, gliserol total setelah sampel disaponifikasi, dan gliserol terikat dari selisih antara gliserol total dengan gliserol bebas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1. menunjukkan kondisi awal crude gliserol hasil samping produksi biodiesel sebelum pemurnian merupakan larutan kental yang berwarna coklat kekuningan. Hasil karakterisasi crude gliserol menghasilkan pengukuran nilai viskositas 47,27 cp (20 rpm), dengan kemurnian 80,71%, densitas 1,2591gram/cm³.



Gambar 1. Kondisi Fisik Crude gliserol

Pengaruh Konsentrasi Karbon Aktif Teknis Pada Proses Adsorpsi

Untuk mengetahui konsentrasi optimum dari karbon aktif teknis, dilakukan variasi konsentrasi karbon aktif teknis dengan waktu adsorpsi 6jam dan diperoleh kadar gliserol sebagai berikut :

Tabel 1. Kadar Gliserol Terhadap konsentrasi Adsorpsi Karbon Aktif Teknis

Konsentrasi karbon aktif teknis (%)	Kadar gliserol (%)
0	80,71
3	80,56
6	80,76
9	79,96
12	75,43
15	79,45
18	79,86

Tabel 1. menunjukkan bahwa kadar gliserol hasil proses adsorpsi menggunakan karbon aktif teknis dengan variasi konsentrasi 3%-18% cenderung fluktuatif pada kisaran 75,43%-80,76%. Adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif teknis sebesar 12% menghasilkan kadar gliserol yang lebih rendah dari kadar gliserol pada sampel awal. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian gliserol yang teradsorpsi ke permukaan adsorben.

Pengaruh Waktu Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif Teknis

Proses adsorpsi menggunakan karbon aktif teknis dengan konsentrasi 6% dilakukan variasi waktu adsorpsi 3 jam–24 jam, diperoleh kadar gliserol hasil pemurnian sebagai berikut :

Tabel 2. Kadar Gliserol Terhadap Waktu Adsorpsi Dengan Karbon Aktif Teknis

Waktu Adsorpsi (jam)	Kadar gliserol (%)
0	80,71
3	80,72
6	80,82
9	79,96
12	76,43
15	78,25
18	79,16

Kadar gliserol hasil proses adsorpsi menggunakan karbon aktif teknis pada berbagai variasi waktu adsorpsi cenderung fluktuatif pada kisaran (76,43-80,82)% seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif teknis dengan konsentrasi lebih besar dari 6% menghasilkan kadar gliserol yang lebih rendah dari kadar gliserol pada sampel awal. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat gliserol yang teradsorpsi ke permukaan adsorben.

Untuk proses adsorpsi menggunakan karbon aktif teknis pada variasi konsentrasi dan waktu, jika ditinjau dari kondisi fisiknya, warna gliserol hasil adsorpsi tidak jauh berbeda dengan crude gliserol.

Pengaruh Konsentrasi Karbon Aktif p.a Pada Proses Adsorpsi

Untuk mengetahui konsentrasi optimum proses adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif p.a, dilakukan variasi konsentrasi karbon aktif p.a dengan waktu adsorpsi 40menit. Hasil pemurnian crude gliserol menghasilkan kadar gliserol adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Kadar Gliserol Terhadap konsentrasi Adsorpsi Karbon aktif p.a

Konsentrasi karbon aktif p.a(%))	Kadar gliserol (%)
1	80,71
1,5	82,15
2	86,94
2,5	81,72

Penggunaan karbon aktif p.a memberikan warna gliserol hasil pemurnian menjadi lebih jernih dibandingkan dengan kondisi awal crude gliserol.

Kadar kemurnian gliserol maksimum dicapai pada saat menggunakan konsentrasi karbon aktif p.a 2% dan menurun pada konsentrasi 2,5% (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi karbon aktif p.a, maka daya adsorpsi semakin meningkat. Meningkatnya daya adsorpsi akan mengakibatkan gliserol dalam sampel ikut teradsorpsi oleh karbon aktif p.a. Dibandingkan dengan karbon aktif teknis, karbon aktif p.a dengan bentuk serbuk memiliki daya adsorpsi yang lebih tinggi. Hal ini diakibatkan oleh perbedaan luas permukaan pada karbon aktif p.a lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif teknis yang berbentuk flakes.

Pengaruh Waktu Terhadap Proses Adsorpsi

Pengaruh waktu terhadap proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan karbon aktif p.a dengan konsentrasi 2% dan variasi waktu 20 menit-120 menit menghasilkan kadar gliserol sebagai berikut:

Tabel 4. Kadar Gliserol Terhadap Waktu Adsorpsi Karbon Aktif p.a

Waktu karbon aktif p.a (menit)	Kadar gliserol (%)
0	81,77
20	82,70
40	86,94
60	80,44
80	79,78
100	77,97
120	74,93

Kadar gliserol hasil proses adsorpsi menggunakan karbon aktif p.a pada berbagai variasi waktu adsorpsi cenderung fluktuatif pada kisaran (74,93-86,94)% seperti ditunjukkan pada Tabel 4. Konsentrasi gliserol optimum diperoleh pada waktu adsorpsi 40 menit. Untuk memperoleh kemurnian yang lebih tinggi mendekati standart gliserol komersial dilakukan pemrosesan lebih lanjut untuk menghilangkan impurities yang masih tertinggal dalam gliserol menggunakan membran selulosa nitrat dengan ukuran diameter pori 0,2µm diikuti dengan evaporasi menghilangkan kandungan air dan metanol yang masih terdapat dalam sampel. Proses evaporasi dilakukan dengan menggunakan rotary evaporator pada suhu 70°C, dan tekanan vakum 100 mmHg. Hasil evaporasi diperoleh kadar gliserol adalah 92,81%, mendekati kadar gliserol komersial grade A.

Analisa kuantitatif lainnya ditinjau dari analisa densitas dan viskositas. Berikut adalah perbandingan analisa kuantitatif pada setiap proses yang memberikan hasil maksimum, sebagai pembandingan digunakan 2 jenis gliserol komersial

dari sumber dan tingkat yang berbeda dengan dinotasikan sebagai gliserol komersial (A) dan (B).

Tabel 5. Perbandingan Sifat Fisik Gliserol Pada Berbagai Perlakuan Terhadap Crude Gliserol dan Gliserol Komersial

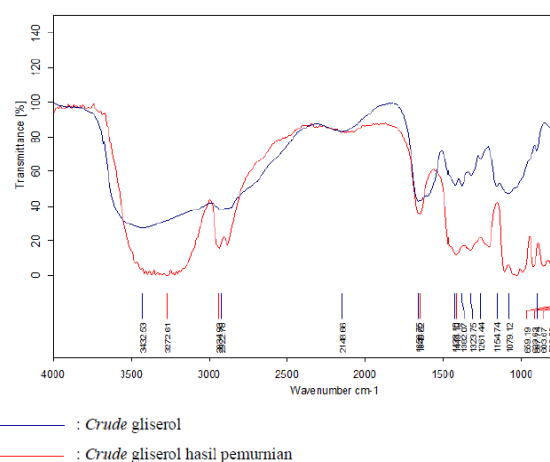
Sifat Fisik	Crude Gliserol	Adsorpsi	Membran dan Evaporasi	Gliserol komersial (A)	Gliserol komersial (B)
Kadar (%)	80,71	86,94	92,81	95,71	86,91
Viskositas (cp)	47,27	38,88	152,48	417,8	32,83
Densitas (g/cm ³)	1,2591	1,2537	1,2540	1,2571	1,2302

*pengukuran viskositas dilakukan pada suhu 28,5°C

Pada Tabel 5, dapat terlihat bahwa kadar gliserol meningkat pada setiap jenis perlakuan proses. Demikian pula dengan viskositas dan densitas yang cenderung meningkat. Semakin murni gliserol maka viskositasnya juga akan semakin tinggi, pada kondisi setelah adsorpsi viskositas cairan menurun. Impurities pada crude gliserol terdiri dari pigmen dan zat-zat inorganik yang mengakibatkan larutan menjadi viscous. Setelah diadsorpsi dan difiltrasi, diperoleh crude gliserol yang sudah bersih dari impurities, sehingga diperoleh viskositas yang lebih rendah dari sebelumnya.

Analisa Kualitatif

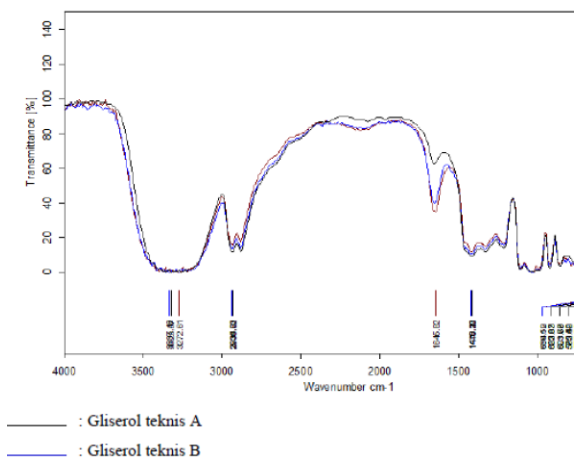
Analisa kualitatif lainnya ditinjau dari analisa gugus fungsi. Analisa gugus fungsi menggunakan FTIR memperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 2. Spektra IR Crude Gliserol dan Crude Gliserol Hasil Pemurnian

Gambar 2. adalah perbandingan spektra IR antara crude gliserol sebelum dan sesudah dimurnikan. Sebelum pemurnian crude gliserol

memiliki banyak pengotor sehingga banyak peak yang nampak tidak jelas. Terlihat pada panjang gelombang $3432,53\text{cm}^{-1}$ nampak peak gugus alkohol yang bersambungan dengan peak di $2922,73\text{cm}^{-1}$ yang merupakan gugus alkana C-H. Setelah dimurnikan terlihat bahwa hampir keseluruhan pengotor sudah hilang dalam proses adsorpsi, hal ini dapat ditinjau dari spektra IR yang nampak sudah tidak bertumpukan satu sama lain, dimana peak gugus O-H terbentuk dengan jelas di $3272,61\text{cm}^{-1}$ dan peak gugus C-H di $2934,83\text{cm}^{-1}$.



Gambar 3. Spektra IR Gliserol Teknis A,B dan Crude Gliserol Teknis A Dan B

Gliserol teknis A dan B merupakan gliserol teknis yang digunakan sebagai pembanding crude gliserol yang telah dimurnikan. Gliserol memiliki dua peak khas yaitu gugus O-H yang akan terbaca pada panjang gelombang $(3500-3200)\text{cm}^{-1}$. Gliserol teknis A dan B memiliki gugus O-H pada $3323,67\text{cm}^{-1}$ dan $3337,48\text{cm}^{-1}$. Gugus C-H terbaca pada kurva yang berhimpit yaitu pada $2922,63\text{cm}^{-1}$ untuk gliserol teknis A dan $2922,62\text{cm}^{-1}$ untuk gliserol teknis B. Gambar 3. terlihat bahwa karakteristik panjang gelombang crude gliserol hasil proses pemurnian melalui proses kombinasi adsorpsi-mikrofiltrasi-evaporasi sama dengan gliserol teknis A dan B.

SIMPULAN

Pemurnian gliserol dilakukan dengan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif teknis dan p.a. Karbon aktif teknis tidak memberikan pengaruh yang cukup efektif, baik dari segi warna maupun kadar gliserol yang terukur. Kadar gliserol pada adsorpsi karbon aktif teknis berada dalam kisaran $(75,43-80,82)\%$. Adsorpsi dengan karbon aktif p.a memberikan hasil yang efektif baik dari segi warna maupun kadar yang terukur. Diperoleh produk gliserol tidak berwarna dengan kemurnian $(74,93-86,94)\%$. Pemurnian crude gliserol dengan

menggunakan proses adsorpsi- mikrofiltrasi- evaporasi dapat menghasilkan gliserol tidak berwarna, dengan kemurnian $92,81\%$, densitas $1,254\text{ gram/cm}^3$ dan viskositas $152,48\text{ cp}$.

DAFTAR PUSTAKA

- American Oil Chemists’ Society (AOCS). 2017. *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. Official Test Method Ca 14-56 for Total, Free and Combined Glycerol in Fats and Oils, Iodometric-Periodic Acid Method.*
- Contreras, I., Andrade, Avella, E., Moreno, Sierra, J.F., Cantor, Guerrero,C.A.,Fajardo. 2015. *Purification of Glycerol from Biodiesel Production by Sequential Extraction Monitored by HNMR.* Journal of Fuel Processing Technology,132. 99-104
- Darnoko, D., Cheryan, M. 2000. *Kinetic of Palm Oil Transesterification in a Batch Reactor.* Journal Am.Oil.Chem.Soc.77: 1263-1267.
- Hájek. M, F., Skopal, F. 2010. *Treatment of Glycerol Phase Formed by Biodiesel Production.* Bioresource Technology, 101, 3242-3245.
- Helwani, Z., Othman, M. R., Aziz, N, Kim, J dan W. J. N. Fernando. 2009. *Solid Heterogeneous Catalyst for Transesterification of Triglycerides with Methanol: A Review.* Application Catalysis A : General, 369: 1 -10.
- Kovacs, A. 2011. *Aspects of Refining Biodiesel Byproduct Glycerin.* Petroleum & Coal, 53(1) 91-97. ISSN 1337-7027
- Lindu M., Puspitasari T., Ismi E. 2008. *Membran Ultrafiltrasi untuk Menyisihkan Zat Warna pada Air Limbah Artifisia.* Jurnal Teknologi Lingkungan, 4(4). ISSN 1829-6572.
- Manosak R., Limpattayanate S., Hunsom M. 2011. *Sequential-refining of Crude Glycerol Derived from Waste Used–Oil Methyl Ester Plant via a Combined Process of Chemical and Adsorption, Fuel Process.Technol.* 92, 92-99.
- Nezahat B., Nebahat D, Dilhan K. 2015. *Esterification and Transesterification of Waste Cooking Oil Over Amberlyst 15 and Modified Amberlyst 15 Catalysts.* Applied Catalysis B Environmental 165: 723-73
- Prakoso, T. H., Sirait, B. 2007. *Pemurnian Hasil Samping Produksi Biodiesel.* Prosiding Konferensi Nasional Pemanfaatan Hasil Samping Industri Biodiesel dan Industri Etanol Serta Peluang Pengembangan Industri Integrated. Jakarta, 267 -275.
- Prasetyo, A.E., Widhi, A., Widayat. 2012. *Potensi Gliserol Dalam Pembuatan Turunan Gliserol Melalui Proses Esterifikasi.* Jurnal Ilmu Lingkungan, 10 (1): 26-31.

Surrod,T., Pattamaprom,C. 2011. *Purification of Glycerin By- product from Biodiesel Production Using Electrolysis Process*. Thailand: Thammasat University. Prosiding AEC28.The Second TSME International Conference on Mechanical.

Valerio O., Horvath T., Pond C., Misra M., Mohanty A. 2015. *Improved Utilization of Crude Glycerol from Biodiesel Industries: Synthesis and Characterizati on of Sustainable Biobased Polyesters*. Industrial Crops and Products 78 (2015)141-147.

Yong, KC, OOI, T L; Dzulkefly K.,Yunus WMZ, Hazimah, A H. 2001. *Refining Of Crude Glycerine Recovered From Glycerol Residue By Simple Vacuum Distillation*. Journal of Oil Palm Research. 13(2). 39-44.