



MIXED MATRIX MEMBRANE ADSORBERS FOR GLYCEROL REMOVAL IN BIODIESEL

Saiful, Febrina Pratiwi, Ilham Maulana, Muliadi Ramli

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Syiah Kuala Darussalam - Banda Aceh 23111
Telpon/Fax: 0651-7555264; Email : s.saiful@unsyiah.net

Abstract. Mixed matrixmembrane (MMM) adsorbers systems function as short and wide chromatographic columns in which the adsorptive packing consists of one or more micro-porous membranes. This study reports the use of membrane adsorbers for glycerol capturing and removing in crude biodiesel. The MMM are prepared by a wet phase inversion method. Magnesol were incorporated as active sites in the membrane. Matrix support of the membrane was prepared from chitosan. The optimum compositions of the adsorptive membranes were 3 % chitosan, 15% DMF and 60% loading adsorbent. The porosity of these membranes was 34 % and swelling degree was 52 %. The membrane clean water flux was $225 \text{ Lm}^{-2}\text{h}^{-1}$ at a trans-membrane pressure of 2.5 bar. The adsorptive membrane has been demonstrated to reduce the concentration of total glycerol in crude biodiesel. The amount of glycerol in biodiesel can be reduced 69.93 % in 60 minute which is agreed to value of SNI quality standards. The membrane adsorber can be regenerated and reused for biodiesel purification. The regenerated membrane can be reused with maintaining the high adsorption capacity. The methanol was better than ethanol to regenerate the magnesol membrane. The Magnesol membrane will be a new alternative method for biodiesel purification.

Keywords: *biodiesel, chitosan, magnesol, membrane adsorption, glycerol.*

I. PENDAHULUAN

Biodiesel diproduksi melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida dengan metanol menjadi metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis basa. Biodiesel yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi merupakan *crude biodiesel* yang masih mengandung campuran pengotor lainnya yaitu gliserol, sabun, air, alkohol, sisa katalis dan asam lemak bebas [1,2]. Tahapan pemurnian dan polishing biodiesel menjadi isu yang sangat penting dalam menjamin kualitas biodiesel. Biodiesel yang dijual dipasaran dan digunakan untuk mesin solar harus memenuhi standar ASTM D6751 (Amerika Utara), EN14214 (Eropa) [3,4], atau SNI-04-7182-2006 agar bisa dijual di Indonesia.

Salah pengotor utama dari biodiesel adalah senyawa gliserol yang merupakan produk samping dari reaksi transesterifikasi dari minyak atau lemak. Adanya gliserol sangat mempengaruhi kinerja mesin baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang yaitu mengganggu dalam proses pembakaran, penyumbatan injektor dan dapat menyebabkan timbulnya asap yang mengandung senyawa akrolein, suatu senyawa fotokimia yang berbahaya bagi kesehatan. Menurut ASTM D6751, EN14214, dan SNI-04-7182-2006, batas maksimum kandungan gliserol total adalah 0,24% (berat) sedangkan batas

maksimum kandungan gliserol bebas adalah 0,02% (berat) [5,6].

Proses produksi biodiesel murni masih sangat mahal dan belum ekonomis karena proses pemisahan atau pemurnian masih memerlukan biaya yang tinggi dan waktu yang lama. Salah satu metode pemurnian biodiesel yang biasa digunakan untuk menghilangkan pengotor adalah *water washing*, yaitu pemurnian menggunakan air hangat. Namun metode ini memiliki kelemahan, yaitu memerlukan banyak energi, waktu yang lama dan menghasilkan limbah cair bagi lingkungan dalam jumlah yang banyak. Khusus untuk gliserol proses ini masih belum berjalan sempurna, karena masih ada gliserol yang tersisa dalam biodiesel diakhir dari proses pemisahan tersebut [7,8].

Metode alternatif yang dapat digunakan untuk pemurnian biodiesel adalah proses pencucian tanpa air (*drywash biodiesel*), yaitu menggunakan kolom adsorben [9] dan membran teknologi [10]. Kelemahan metode kolom adsorben adalah sensitif terhadap fouling dan penyumbatan, memerlukan tekanan tinggi, proses pemisahannya lama, dan kompresi dari kolom. Keunggulan metode membran filtrasi yaitu sederhana, praktis, dan mudah untuk diaplikasikan. Namun kelemahan membran filtrasi, yaitu tidak mampu membuang

semua bahan-bahan pengotor [11]. Pengembangan mixed matrik membran adsorbers bertujuan untuk mengatasi kelemahan mendasar metode kolom adsorben dan membran filtrasi dan mendapatkan metode pemisahan lebih baik dan ekonomis. Mixed matrix membran adsorber telah dikembangkan dan diaplikasikan pada berbagai bidang seperti pemurnian enzim, protein, air limbah, dan biomedis. Membran ini menunjukkan kinerja yang tinggi, bisa digunakan secara berulang-ulang, dan mudah untuk *scale-up*.

Dalam penelitian ini telah dikembangkan mixed membran adsorber yang dibuat dari bahan dasar polimer khitosan dan dicampur dengan adsorben magnesol. Membran dibuat dengan menggunakan metode pembalikan fasa melalui proses evaporasi pelarut [12]. Membran yang dihasilkan dikarakterisasi dan diaplikasikan untuk penghilangan gliserol total yang terkandung dalam biodiesel.

II. METODOLOGI

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Etanol, Kalium Hidroksida 0,01N, Kloroform, Kalium Iodida, Natrium Tiosulfat 0,01N, Larutan Asam Klorida 0,01N, Pati, Asam Periodat, Khitosan, Dimetil Formamida, Asam Asetat glasial, Kalium Dikromat, magnesol, dan akuades.

Metode Penelitian

1. Pembuatan Membran Khitosan Murni Dengan Variasi Persentase Dimetil Formamida (DMF).

Dibuat larutan khitosan dengan konsentrasi 3% (b/v), kemudian kedalam larutan ditambahkan dimetil formamida dengan variasi konsentrasi 0;5; 7.5; 10; 15% (v/v) sebagai aditif. Campuran dimasukkan ke dalam erlenmeyer tertutup dan diaduk dengan menggunakan pengaduk magnetis selama \pm 24 jam pada temperatur kamar. Larutan polimer kemudian dicetak tipis diatas lempeng keramik dan pelarut dibiarkan menguap pada suhu ruang sehingga membentuk membran dan dibiarkan sampai membran mengering. Membran dicuci dengan menggunakan larutan NaOH 1% dan dibilas dengan air, kemudian dikeringkan pada suhu ruang. Bentuk fisik membran diamati secara visual, membran dengan persentase dimetil formamida terbaik akan digunakan untuk pembuatan membran adsorpsi.

2. Pembuatan Membran Adsorpsi.

Dibuat larutan polimer khitosan yang mengandung dimetil formamida yang diperoleh dari kondisi optimal sebelumnya. Larutan polimer diaduk selama 24 jam dalam erlenmeyer tertutup dengan menggunakan pengaduk magnetis. Setelah larutan homogen, ditambahkan magnesol. Campuran diaduk kembali sampai partikel bercampur homogen dalam larutan. Persen *loading* partikel magnesol yang digunakan yaitu 60%.

3. Karakterisasi Membran

3.1. Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)

Uji SEM dilakukan dengan menggunakan peralatan scanning electron microscopy (SEM) untuk melihat permukaan membran dengan beberapa kali pembesaran di Laboratorium Geologi Kwartir PPGL Bandung.

3.2. Uji Ketebalan

Ketebalan film diukur dengan menggunakan alat digital mikrometer pada tiga titik yang berbeda secara random dan dirata-ratakan, angka ketebalan ditunjukkan oleh jarum secara digital.

3.3. Porositas Membran dan Derajat Pengembangan (swelling degree)

Membran basah dan membran kering ditimbang masing-masing sebanyak tiga kali. Kemudian diukur diameter dan ketebalan masing-masing membran dengan menggunakan mikrometer. Porositas membran (ϵ) dan derajat pengembangan (swelling degree/sd) dihitung sesuai dengan menggunakan persamaan matematis [13].

3.4. Penentuan Fluks Air

Penentuan fluks air membran ditentukan dengan waktu 1 jam dan diperoleh volume permeate yang konstan dengan menggunakan modul dead end ultrafiltrasi pada tekanan 2,5 bar pada suhu ruang. Fluks air dihitung dengan menggunakan persamaan matematis [14].

4. Pemurnian Biodiesel Dengan Metode Batch.

4.1. Penentuan Waktu Kontak

Tiga lembar membran ditimbang beratnya dan dimasukkan ke dalam wadah tertutup. Penentuan waktu kontak dilakukan dengan menambahkan 27 mL *crude biodiesel* ke dalam wadah yang telah mengandung membran. Kemudian dishaker pada 200 rpm terus-menerus pada suhu kamar dengan variasi waktu 10, 20, 30, 60 dan 120 menit. Konsentrasi sampel diukur sebelum dan sesudah perlakuan.

4.2. **Rekoveri dan Regenerasi Membran**

Kontaminan yang terikat pada membran direkoveri dengan menggunakan pelarut organik. Dua jenis pelarut organik yang digunakan adalah metanol dan etanol. Perbedaan kemampuan antara kedua pelarut tersebut diamati dalam penelitian ini.

Membran dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer yang berisi etanol dan metanol. Dishaker selama 1 jam, dibilas dengan akuades dan dikeringkan dalam oven. Membran adsorpsi yang telah diregenerasi diuji kembali kemampuannya untuk pemurnian *crude biodiesel*.

5. **Analisis Kadar Gliserol Total**

Sampel biodiesel ditimbang sebanyak $9,9 - 10,1 \pm 0,01$ gram dalam sebuah labu erlenmeyer lalu ditambahkan 100 mL larutan KOH alkoholik, Erlenmeyer disambungkan dengan kondensor berpendingin udara dan dididihkan perlahan selama 30 menit untuk mensaponifikasi ester-ester.

Sebanyak $91 \pm 0,2$ mL khloroform ditambahkan ke dalam labu takar 1 liter. Disingkirkan labu saponifikasi dari pelat pemanas, lepaskan kondensor dan pindahkan isi labu saponifikasi secara kuantitatif ke dalam labu takar dengan menggunakan 500 mL akuades sebagai pembilas. Ditutup rapat labu takar dan kocok isinya kuat-kuat selama 30 – 60 detik. Kemudian ditambahkan akuades sampai ke garis batas takar, tutup lagi labu rapat-rapat dan campurkan baik-baik isinya dengan membolak-balikkan dan biarkan tenang sampai lapisan khloroform dan lapisan akuatik memisah sempurna.

Larutan asam periodat dipipet masing-masing 6 mL ke dalam 2 atau 3 gelas piala 400 – 500 mL dan siapkan dua blanko dengan mengisi masing-masing 50 mL akuades (sebagai pengganti larutan asam periodat). Dipipet 100 mL lapisan akuatik ke dalam gelas piala berisi larutan asam periodat dan kemudian kocok gelas piala ini perlahan supaya isinya tercampur baik, ditutup gelas piala dengan kaca arloji dan biarkan selama 30 menit. Jika lapisan akuatik termasuk mengandung bahan tersuspensi, disaring dahulu sebelum pemipetan dilakukan.

Setelah 30 menit, ditambahkan 3 mL larutan KI, dikocok perlahan dan kemudian dibiarkan selama sekitar 1 menit. Jangan tempatkan gelas piala yang isinya akan dititrasinya ini di bawah cahaya terang atau terpaan langsung sinar matahari. Isi gelas piala dititrasinya dengan larutan natrium tiosulfat yang sudah distandarkan. Titrasinya dilakukan sampai warna coklat iodinium hampir hilang. Setelah ini tercapai, ditambahkan 2 mL larutan indikator pati dan

diteruskan titrasinya sampai warna biru kompleks iodinium –pati persis sirna.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. **Pembuatan Membran Khitosan Murni**

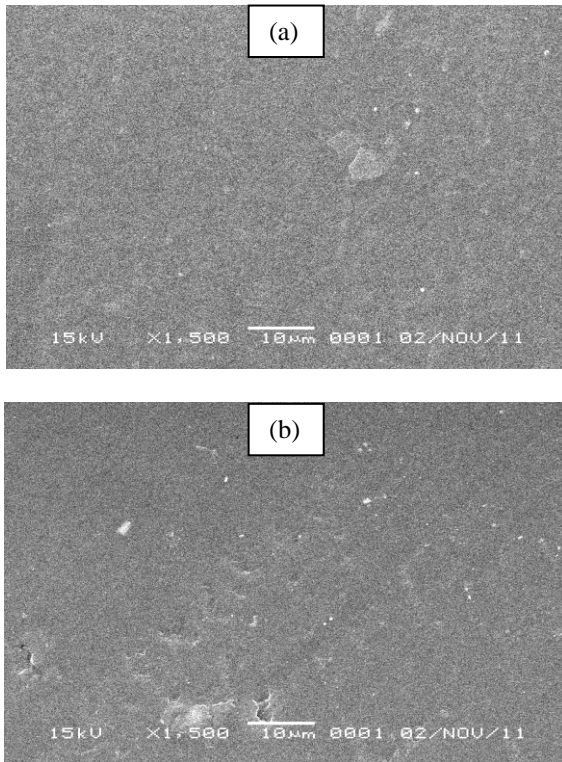
Pada umumnya membran khitosan murni yang dihasilkan dari proses pencetakan dengan metode penguapan dan solidifikasi mempunyai struktur yang lebih rapat dan kurang berpori. Untuk mendapatkan membran khitosan yang lebih berpori dan mempunyai ukuran pori yang lebih lebar maka dalam penelitian ini dilakukan penambahan dimetil formamida sebagai aditif yang dapat berfungsi sebagai porogen. Peningkatan jumlah aditif akan menghasilkan membran dengan struktur yang lebih berpori. Dalam penelitian ini membran dengan penambahan dimetil formamida 15 % (V/V) menghasilkan struktur yang lebih banyak berpori. Hal ini dapat ditunjukkan dari hasil pengukuran morfologi permukaan membran dengan menggunakan SEM seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. dan hasil pengujian fluks air (Gambar 2).

Hasil pengujian SEM menunjukkan baik permukaan atas membran maupun permukaan bawah membran mempunyai struktur yang porous. Membran yang dihasilkan tidak menunjukkan adanya macrovoid di dalam strukturnya sehingga membran khitosan ini akan mempunyai sifat mekanik yang baik.

Data karakterisasi fluks air memberikan informasi tentang permeabilitas dari membran. Kandidat membran adsorpsi yang baik yaitu yang mempunyai nilai fluks air yang relatif besar, berada pada range ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi sehingga akan memudahkan dalam scaling-upnya dan dapat dijalankan pada tekanan yang rendah. Adanya penambahan dimetil formamida sangat mempengaruhi nilai fluks air membran khitosan. Nilai fluks membran dapat meningkat secara signifikan dengan penambahan aditif. Membran khitosan murni tanpa penambahan aditif mempunyai fluks sebesar $39 \text{ Lm}^{-2}\text{jam}^{-1}$. Penambahan dimetil formamida dapat meningkatkan nilai fluks diatas 700 %. Nilai fluks yang didapat menunjukkan bahwa membran tersebut berada pada kelompok membran mikrofiltrasi [14].

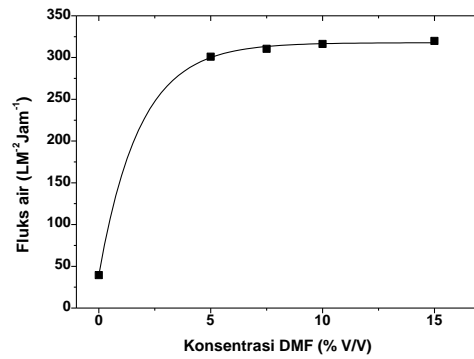
Penambahan aditif dapat membantu dalam pembentukan porositas dari membran. Adanya aditif dapat menyebabkan ruang antar rantai polimer semakin besar sehingga pori-pori

membran yang terbentuk semakin banyak dan salah satu sifat aditif ini dapat menggembung pori membran sehingga struktur membran menjadi dinamis. Akibatnya memudahkan air untuk berdifusi melewati membran. Fluks maksimum membran untuk zat aditif dimetil formamida pada konsentrasi 15 %(v/v) dengan nilai fluks air mencapai $320 \text{ Lm}^{-2}\text{jam}^{-1}$.



Gambar 1. Pengaruh penambahan aditif dalam pembentukan morfologi dari membran khitosan yang dikarakterisasi menggunakan SEM. Membran khitosan dibuat dengan konsentrasi 3 % (b/v) dan penambahan aditif dimetil formamida dengan konsentrasi 15 % (v/v) a). Morfologi permukaan atas dengan perbesaran 1500 x dan b). Morfologi permukaan bawah dengan perbesaran 1500 x

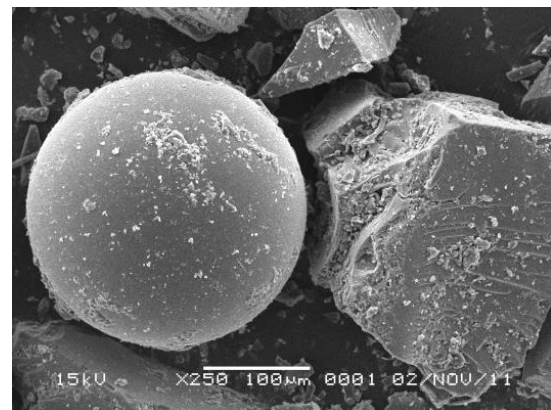
Dalam penelitian ini konsentrasi DMF 15%(v/v) merupakan konsentrasi maksimum DMF yang bisa ditambahkan dalam pembuatan membran khitosan. Di atas konsentrasi ini sebagian DMF sudah tidak dapat larut sehingga tidak dapat menghasilkan membran yang baik. Dalam penelitian ini ingin di peroleh membran dengan sifat porositas yang tinggi, karena akan diaplikasikan untuk pemisahan senyawa dengan ukuran molekul besar.

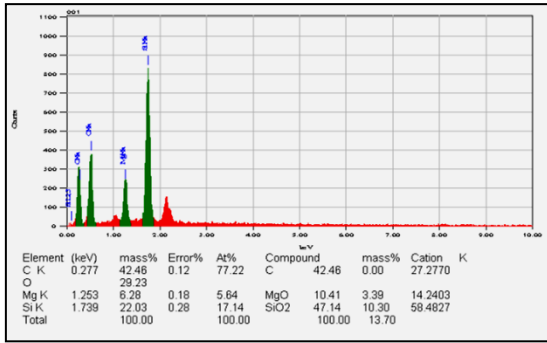


Gambar 2. Kurva pengaruh konsentrasi dimetil formamida terhadap fluks air membran

2. Pembuatan Membran Adsorpsi

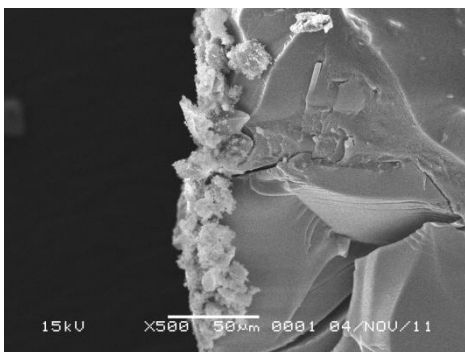
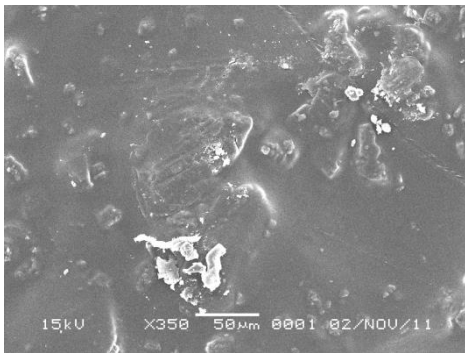
Gugus fungsi dan sifat adsorpsi dari mixedmembrane adsorber dibuat dengan cara memasukkan adsorben ke dalam polimer membran khitosan. Perbedaan jenis adsorben yang dimasukkan ke dalam polimer membran akan memberikan gugus fungsi dan sifat adsorpsi yang berbeda dari membran. Morfologi dari partikel magnesol yang digunakan dalam pembuatan membran dapat dilihat pada gambar 3. Gambar SEM menunjukkan bahwa partikel magnesol (Magnesium Silikat) mempunyai struktur yang porous. Partikel magnesol ini mempunyai sisi aktif yang berasal dari densitas elektron (parsial negatif) dari MgO-SiO_2 . Hasil karakterisasi dengan menggunakan SEM-EDX menunjukkan bahwa partikel magnesol mengandung MgO 10,41% dan SiO_2 47,14% .





Gambar 3. Hasil SEM-EDX partikel magnesol

Membran yang ditargetkan adalah membran yang mempunyai gugus fungsi yang tinggi agar mempunyai kemampuan yang maksimum dalam mengadsorpsi senyawa target. Namun demikian, jumlah adsorben yang dapat dimasukkan dalam membran sangat bergantung pada rasio jumlah partikel adsorben dan polimer yang ditambahkan dalam larutan. Dalam penelitian ini konsentrasi khitosan yang digunakan yaitu 3 % (b/v) dan loading maksimum dari adsorbent yang didapatkan yaitu 60 %. Maksimum partikel loading yang dapat dimasukkan ke dalam polimer membran sekitar 65 % [13]. Diatas jumlah ini, larutan cetak menjadi sangat kental dan tidak bisa digunakan dalam proses pencetakan membran. Disamping itu jumlah adsorben yang terlalu tinggi akan mempengaruhi kekuatan mekanik dan morfologi dari membran. Membran magnesol mempunyai porositas 34,17% dan *swelling degree* 51,91% serta nilai fluks air yaitu 224,5 L/m²/jam pada tekanan 2,5 bar.



Gambar 4. Pengaruh penambahan aditif dalam pembentukan morfologi dari membran khitosan yang

dikarakterisasi menggunakan SEM. Membran khitosan dibuat dengan konsentrasi 3 % (b/v) dan penambahan aditif dimetil formamida dengan konsentrasi 15 % (v/v) dan 60 % loading partikel magnesol.

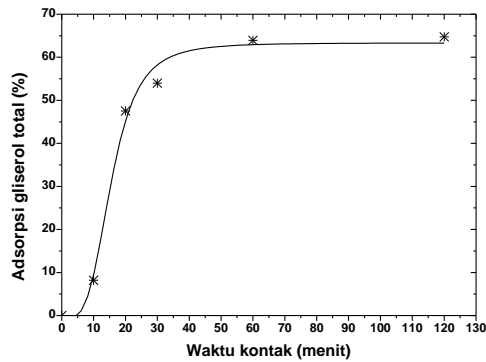
Hasil pengujian dengan SEM terhadap morfologi dari membran adsorpsi dapat dilihat pada gambar 4. Membran adsorpsi yang dihasilkan menunjukkan bahwa partikel adsorben terdistribusi secara merata di dalam membran dan semua partikel berada didalam struktur polimer. Pengamatan secara visual menunjukkan tidak ada partikel yang keluar atau hilang selama proses pembentukan membran. Penambahan partikel ke dalam larutan polimer meningkatkan viskositas dari larutan dan menyebabkan pertumbuhan daerah yang kurang polimer dapat ditekan sehingga menghasilkan membran dengan struktur porous yang mengandung jaringan pori yang relatif kecil [13].

Semua membran adsorpsi mempunyai struktur yang bebas dari makrovoid. Makrovoid hanya terbentuk hanya dalam larutan polimer yang memulai “demix” secara tidak spontan [15]. Membran bebas membran makrovoid mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dan memiliki interkoneksi pori yang sempurna merupakan membran yang cocok untuk aplikasi dalam waktu yang lama dan berulang-ulang.

3. Adsorpsi Gliserol Total dalam Biodiesel

Kemampuan adsorpsi dari membran diukur dengan menggunakan sistem *batch*, dalam hal ini membran dianggap sebagai suatu adsorben untuk menyerap pengotor yang ada dalam biodiesel. Dalam biodiesel terdapat bermacam-macam pengotor, salah satunya adalah gliserol. Ambang batas gliserol yang diperbolehkan dalam biodiesel yaitu sebesar 0,24%-b. Hasil pengujian kualitas sampel biodiesel menunjukkan bahwa kandungan gliserol masih jauh diatas baku mutu yaitu 0,61%-b.

\Pengujian adsorpsi gliserol total di dalam biodiesel dilakukan dalam beberapa variasi waktu kontak, hal ini dilakukan untuk mendapatkan waktu kontak optimum dari membran dalam mengadsorpsi pengotor. Gambar 5 menunjukkan pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi gliserol total yang terkandung dalam biodiesel oleh membran adsorpsi magnesol.



Gambar 5. Grafik pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi gliserol total.

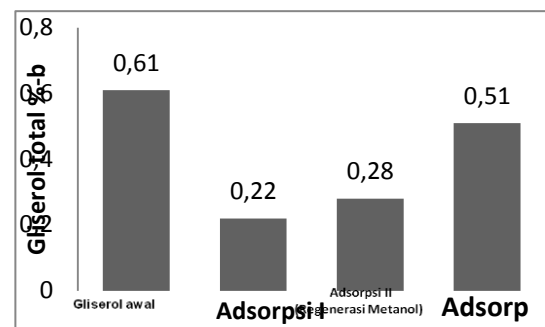
Dari variasi waktu kontak ini didapat waktu kontak optimum yaitu 60 menit. Pada kondisi ini kandungan gliserol total telah memenuhi baku mutu sebesar 0,22%-b dari nilai awal gliserol total pada *crude* biodiesel adalah sebesar 0,61%-b.

Pada waktu 60 menit juga dilakukan pengujian kemampuan adsorpsi dari membran murni dan partikel magnesol terhadap gliserol total. Membran murni mampu mengadsorpsi sebesar 44,26% dengan gliserol yang tersisa sebesar 0,34%-b, sedangkan partikel magnesol mampu mengadsorpsi sebesar 73,77% dengan gliserol yang tersisa sebesar 0,16%-b. Hal ini menunjukkan bahwa partikel magnesol mampu mengadsorpsi gliserol total lebih baik dibandingkan dengan membran murni. Penggabungan membran murni dengan partikel magnesol dapat meningkatkan kemampuan membran dalam menghilangkan gliserol dalam biodiesel.

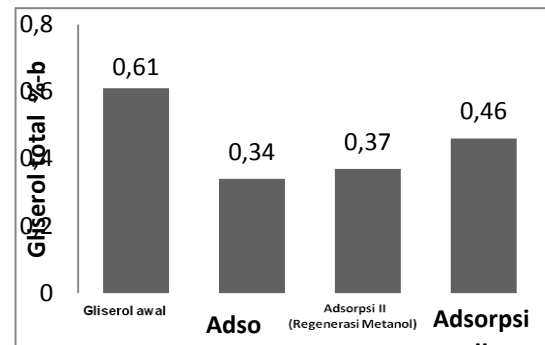
Baik membran murni maupun membran adsorpsi telah diregenerasi dengan waktu kontak selama 60 menit. Dari regenerasi membran adsorpsi magnesol, diketahui bahwa membran adsorpsi yang diregenerasi menggunakan pelarut metanol mampu mengadsorpsi kembali sebesar 54,09%, dengan gliserol total yang tersisa di dalam biodiesel sebesar 0,28%-b (dari nilai gliserol awal 0,61%-b). Sedangkan membran yang diregenerasi dengan pelarut etanol mengadsorpsi sebesar 16,39%, dengan gliserol yang tersisa sebesar 0,51%-b seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. Kinerja dari pelarut metanol lebih baik dari pada pelarut etanol untuk menarik pengotor yang terdapat di dalam membran adsorpsi. Hal ini dikarenakan metanol (CH_3OH) mempunyai struktur yang lebih sederhana dibandingkan dengan etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$). Metanol mempunyai pengaruh sisi polar yang lebih baik dibandingkan dengan sisi nonpolarinya, sehingga dapat menarik gliserol yang sudah menempel pada membran. Gliserol mempunyai sisi polar yang bisa berinteraksi dengan metanol sehingga saling

melarutkan, sedangkan etanol mempunyai rantai karbon yang lebih panjang dibandingkan metanol sehingga mengurangi sifat kepolarannya dan lebih lemah dalam menarik pengotor pada membran.

Pada gambar 7 memperlihatkan hasil regenerasi membran khitosan murni yang dilakukan oleh pelarut metanol dengan adsorpsi sebesar 39,39% gliserol yang tersisa sebesar 0,37%-b, sedangkan membran yang diregenerasi dengan pelarut etanol mengadsorpsi sebesar 24,59%, dengan gliserol yang tersisa sebesar 0,46%-b. Kemampuan adsorpsi yang rendah karena membran murni tidak mempunyai sisi aktif yang cukup untuk mengikat gliserol.



Gambar 6. Perbedaan kadar gliserol pada biodiesel dengan menggunakan membran adsorpsi magnesol yang sebelum dan sesudah diregenerasi



Gambar 7. Perbedaan kadar gliserol pada biodiesel dengan menggunakan membran murni khitosan yang sebelum dan sesudah diregenerasi.

Dari hasil penelitian ini didapat waktu kontak optimum pada waktu 60 menit, dan kandungan gliserol total memenuhi standar baku mutu yaitu sebesar 0,22%-b. Untuk dapat mencapai hasil adsorpsi yang sesuai dengan baku mutu dapat dilakukan dengan menggunakan jumlah membran yang cukup, sesuai dengan rasio volume membran dan jumlah gliserol dalam biodiesel. Rasio volume membran : jumlah gliserol dalam biodiesel adalah 1:71,48%-b, artinya untuk memurnikan gliserol sebanyak 71,48%-b membutuhkan 1 liter volume membran. Bila jumlah membran ditingkatkan, maka diperkirakan jumlah gliserol total yang tersisa dalam biodiesel akan sesuai dengan baku

mutu. Penggunaan membran adsorpsi merupakan salah satu cara yang efektif untuk menghilangkan pengotor seperti gliserol dari biodiesel. Membran adsorpsi memungkinkan untuk diregenerasi sehingga dapat digunakan secara berulang-ulang.

KESIMPULAN

1. Membran adsorpsi magnesol telah berhasil dibuat dari polimer khitosan dengan komposisi 3%(b/v) khitosan, Asam Asetat 1%(v/v), DMF 15%(v/v) dan partikel magnesol dengan partikel loading 60%.
2. Membran adsorpsi magnesol dapat diaplikasikan untuk pemurnian biodiesel terhadap gliserol total.
3. Kualitas biodiesel yang telah dimurnikan dari gliserol total dengan menggunakan membran adsorpsi magnesol, telah memenuhi standar baku mutu yaitu sebesar 0,22%-b.
4. Membran magnesol dapat diregenerasi dan digunakan secara berulang. Metanol mempunyai kemampuan lebih baik pada regenerasi membran magnesol dibandingkan dengan etanol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah membiayai penelitian ini melalui Penelitian Hibah Bersaing. Terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu penelitian ini.

REFERENSI

1. Berrios M., M.A. Martín, A.F. Chica, A. Martín, 2011, Purification Of Biodiesel From Used Cooking Oils, *Applied Energy* 88, 3625–3631
2. Tang H., Nadia Abunasser, Anfeng Wang, Bradley R. Clark, Kapila Wadumesthrige, Sidong Zeng, Manhoe Kim, Steven O. Salley, Gary Hirschlieb, John Wilson, K.Y. Simon Ng, 2008, Quality survey of biodiesel blends sold at retail stations Original Research Article, *Fuel*, Volume 87, Issues 13–14, Pages 2951-2955
3. Cao, P., M. A. Dubé, 2008, High-purity fatty acid methyl ester production from canola, soybean, palm, and yellow grease lipids by means of a membrane reactor, *Biomass and Bioenergy* 32(11): 1028
4. Atadashi I.M., M.K. Aroua, A.R. Abdul Aziz, N.M.N. Sulaiman, 2011, Membrane biodiesel production and refining technology: A critical review Review Article, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 15, Issue 9, Pages 5051-5062
5. Bansal, K., J. McCrady, 2008. Thin layer chromatography and image analysis to detect glycerol in biodiesel, *Fuel* 87(15-16): 3369
6. Saleh, J., A. Y. Tremblay, 2010, Glycerol removal from biodiesel using membrane separation technology, *Fuel*, Vol 8, Issue 9, 2260-2266
7. Atadashi I.M., M.K. Aroua, A.R. Abdul Aziz, N.M.N. Sulaiman, 2011, Refining technologies for the purification of crude biodiesel, *Applied Energy* 88, 4239–4251
8. Sdrula N., 2010, A study using classical or membrane separation in the biodiesel process, *Desalination* 250, 1070–1072
9. Faccini C.S., Michele Espinosa da Cunha, Maria Silvana Aranda Moraes, Laiza C. Krause, Márcia C. Manique, Maria Regina A. Rodrigues, Edilson V. Benvenuto and Elina B. Caramão, 2011, Dry Washing in Biodiesel Purification: a Comparative Study of Adsorbents, *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 22, No. 3, 558-563
10. Shuit S.H., Yit Thai Ong, Keat Teong Lee, Bhatia Subhash, Soon Huat Ta, Membrane technology as a promising alternative in biodiesel production: A review, *Biotechnology Advances*, Volume 30, Issue 6, November–December 2012, Pages 1364-1380
11. Stamatialis D.F., Bernke J. Papenburg, Miriam Gironés, Saiful , Srivatsa N.M. Bettahalli, Stephanie Schmitmeier, Matthias Wessling, 2008, Medical applications of membranes: Drug delivery, artificial organs and tissue engineering, *Journal of Membrane Science* 308, pages 1–34
12. Saiful, Z. Borneman, M. Wessling, 2010, Preparation Double Layer Mixed Matrix Membranes, *Proceeding National Conference on Chemical Engineering and Application*, Banda Aceh Indonesia, p. 198-209.
13. Avramescu, M.-E., Z. Borneman, M. Wessling, Miriam Gironés, 2003, Preparation of mixed matrix adsorber membranes for

- protein recovery, *Journal of Membrane Science*, 218(1-2), p. 219-233
14. Mulder, M., 2003, *Basic principle Membrane Technology*, Kluwer Academic Publisher, London
15. Smolders, C.A., A.J. Reuvers, R.M. Boom, and I.M. Wienk, 1992, Microstructures in phase-inversion membranes. Part 1. Formation of macrovoids, *Journal of Membrane Science*, 73(2-3), p. 259-275