



SINTESIS SELULOSA DIASETAT DARI ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) DAN POTENSINYA UNTUK PEMBUATAN MEMBRAN

Richa Rachmawaty, Metty Meriyani, Ir. Slamet Priyanto, M.S. *)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024) 7460058

Abstrak

Populasi eceng gondok yang terus bertambah setiap hari menjadi permasalahan yang harus segera dicari solusinya. Salah satu pemanfaatan yang prospektif adalah dengan membuat selulosa diasetat dengan bahan baku selulosa yang terkandung didalam eceng gondok. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi eceng gondok dalam pembuatan membran dan mengetahui pengaruh konsentrasi polimer dan waktu penguapan terhadap kinerja membran. Dalam penelitian ini, terdapat dua rangkaian percobaan, yaitu sintesis selulosa diasetat dari eceng gondok dan pembuatan membran. Sintesis selulosa diasetat dilakukan melalui dua proses, yaitu isolasi selulosa dan asetilasi selulosa. Sementara, pembuatan membran dilakukan melalui metode inversi fasa dimana parameter yang diteliti titik optimasinya adalah konsentrasi polimer 13, 14 dan 15% berat serta waktu penguapan 0, 5, 10 dan 15 detik. Polimer yang digunakan adalah selulosa diasetat, dengan pelarut aseton dan zat aditif polietilen glikol (PEG). Untuk mengetahui kinerja membran dilakukan karakterisasi dengan mengukur fluks dan rejeksi dengan umpan air humus, selain itu dilakukan pula analisa menggunakan instrumen FTIR dan SEM untuk mengetahui struktur morfologinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eceng gondok dapat dimanfaatkan menjadi selulosa diasetat dan memiliki potensi untuk dijadikan membran. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi polimer dan waktu penguapan berpengaruh terhadap kinerja membran dimana semakin besar konsentrasi polimer dan semakin lama waktu penguapan, maka struktur morfologi membran akan semakin rapat dan pori membran semakin kecil sehingga fluks yang dihasilkan semakin kecil sementara koefisien rejeksinya semakin besar. Membran dengan konsentrasi polimer 15 % berat dan waktu penguapan 10 detik menghasilkan kinerja terbaik dengan nilai fluks sebesar 460,54 L/m².jam dan rejeksi sebesar 64,28%.

Kata kunci : eceng gondok, selulosa, membran, konsentrasi, waktu penguapan

Abstract

Water hyacinth population that continues to grow every day becomes a problem that must be solve immediately. One of the prospective utilization is synthesis cellulose diacetate based on cellulose which containing in water hyacinth. The purpose of this research are to determine the potential of water hyacinth in the manufacture of membranes and determine the effect of polymer concentration and evaporation time on membrane performance. In this research, there were two series of experiments, synthesis of cellulose diacetate from water hyacinth and manufacture of membranes. Synthesis cellulose diacetate was done by two steps, cellulose insulation and cellulose acetylation. While, manufacture of membranes was done by phase inversion method, where the parameters that will be examined is the optimization point of polymer concentration 13, 14 and 15% weight as well as evaporation time 0, 5, 10 and 15 seconds. Cellulose diacetate used as polymer, with acetone as solvent and polyethylene glycol (PEG) as additives. Characterization of membrane was done by measuring flux and rejection to separate humic acid water, and analysis using FTIR and SEM. The results showed that water hyacinth can be utilized as cellulose diacetate and has potential to be used as membranes. In addition, it can be concluded that the concentration of polymer and evaporation time have an affect to the performance of the membrane where the greater concentration of the polymer and the longer of the evaporation time caused the morphological structure of the membrane will be more dense and pores become smaller, so flux getting smaller while the rejection getting larger. Membrane with 15 %wt polymer concentration and 10 seconds evaporation time produces the best performance with flux 460,54 L/m².hour and rejection 64,28%.

Keywords : water hyacinth, cellulose, membrane, concentration, evaporation time

*) Penulis Penanggung Jawab (Email: slamet_priyanto@yahoo.co.id)

1. Pendahuluan

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan salah satu jenis tumbuhan yang hidup mengapung di perairan. Perkembangbiakannya yang begitu cepat menyebabkan tanaman eceng gondok telah berubah menjadi tanaman gulma di beberapa wilayah di perairan Indonesia. Semarang, khususnya di Rawa Pening merupakan salah satu daerah yang memiliki masalah terhadap pertumbuhan eceng gondok. Danau seluas 2.670 hektar telah mengalami permasalahan serius dengan tingkat sedimentasi mencapai 778,93 ton/tahun. Hal ini menyebabkan volume air menurun 29,34% selama 22 tahun terakhir (Amanda, 2011).

Populasi eceng gondok yang terus bertambah setiap harinya menjadi permasalahan yang harus segera dicari solusinya. Telah dilakukan beberapa pemanfaatan eceng gondok seperti pengolahan eceng gondok sebagai kertas seni (Pasaribu dan Sahwalita, 2006) dan pengolahan lain seperti pembuatan bioetanol dan papan partikel (Willy dan Deddy, 2010). Namun pengolahan tersebut masih dalam taraf teknologi sederhana. Jika dilihat dari kandungannya, dapat diketahui bahwa eceng gondok yang selama ini dianggap gulma memiliki kandungan selulosa yang tinggi, yaitu sebesar 25%, hemiselulosa 33% dan lignin 10% (Bolenz dkk., 1990; Poddar dkk., 1991 dan Gressel, 2008). Selulosa yang terkandung didalam eceng gondok berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan selulosa diasetat yang dibanyak digunakan sebagai polimer dalam pembuatan membran. Membran merupakan salah satu teknologi yang sedang berkembang saat ini. Kegunaan membran meliputi berbagai bidang, diantaranya pada bidang pangan, energi, pengolahan air bersih, limbah dan saat ini sudah merambah pada bidang kesehatan (Wenten, 2003). Keuntungan menggunakan membran adalah kebutuhan energi yang lebih rendah dibandingkan teknologi pemisahan yang lain, pengaplikasiannya sederhana dan bersifat ramah lingkungan.

Pada penelitian sebelumnya, Thiripura dan Ramesh (2012) telah berhasil mengisolasi selulosa dari eceng gondok. Disisi lain, Santoso (2007), dengan waktu asetilasi 3 jam dan waktu hidrolisis 15 jam, berhasil mensintesis selulosa asetat dari serat daun nanas mendekati selulosa asetat komersial dengan kadar asetil sebesar 39,31% dan berat molekul rata - rata sebesar 51.540,13 g/mol. Saljoughi dkk. (2004) telah melakukan penelitian tentang pengaruh variabel *pretreatment* terhadap stuktur morfologi dan fluks membran asimetrik dari selulosa asetat yang menunjukkan bahwa variasi konsentrasi polimer berpengaruh terhadap kinerja membran. Beberapa penelitian terdahulu mengenai membran lebih banyak fokus pada proses pembuatan membran itu sendiri. Belum dilakukan analisa bahan baku alternatif yang bernilai ekonomis seperti pemanfaatan serat eceng gondok. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui potensi selulosa dalam eceng gondok sebagai bahan baku polimer dalam pembuatan membran, mengkaji pengaruh parameter konsentrasi polimer dan waktu penguapan terhadap kinerja membran serta mengetahui konsentrasi dan waktu penguapan optimum untuk mendapatkan kinerja membran terbaik.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya : eceng gondok dari Rawa Ganjar, toluen dari Merck, etanol dari Merck, NaClO₃ akuades, NaOH, CH₃COOH, H₂SO₄, selulosa asetat BM 50.000 gram/mol dari Merck, aseton dari Merck, HCl, (CH₃CO)₂O (asetat anhidrida) dari Merck, PEG (polietilen glikol) dari Merck.

2.2. Metode Penelitian

2.2.1. Isolasi Selulosa

Serat tangkai eceng gondok diekstraksi menggunakan peralatan soklet dengan pelarut toluen/etanol perbandingan 2:1 selama 3 jam pada suhu 115^oC. Selanjutnya diputihkan (*bleaching*) dengan pemasakan menggunakan larutan NaClO₃ 3 %b selama 2 jam pada suhu 80^oC. Hemiselulosa dihilangkan melalui hidrolisis menggunakan larutan NaOH 1 %b pada suhu 60^oC selama 2 jam. Proses pemutihan akhir untuk menghilangkan lignin yang tersisa dilakukan melalui pemasakan menggunakan larutan NaClO₃ 1 %b dan diaduk pada suhu 75^oC selama 3 jam. Tahap terakhir adalah hidrolisis dengan katalis HCl 5 %v selama 6 jam pada suhu 65^oC, sampel disaring dan padatan yang diperoleh dicuci dengan akuades sampai bebas dari asam.

2.2.2. Asetilasi Produk Selulosa

Sebanyak 10 g selulosa dari serat tangkai eceng gondok ditambahkan asam asetat glasial lalu diaduk pada suhu 40^oC selama 1 jam. Setelah 1 jam ditambahkan asam sulfat pekat dan asam asetat glasial, lalu diaduk kembali selama 45 menit pada suhu yang sama. Kemudian campuran didinginkan sampai mencapai suhu 18^oC dan ditambahkan asetat anhidrida. Selanjutnya ke dalam campuran ditambahkan asam sulfat pekat dan asam asetat glasial dengan waktu asetilasi 3 jam pada suhu 40^oC.

Setelah selesai, ditambahkan asam asetat 67 % pada suhu 40^oC untuk proses hidrolisis selama 15 jam pada suhu kamar. Setelah melakukan asetilasi dan hidrolisis, selulosa asetat diendapkan dengan menambahkan akuades tetes demi tetes dan diaduk sehingga diperoleh endapan yang berbentuk serbuk. Endapan disaring dan dicuci sampai netral lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 50^oC.

2.2.3. Pembuatan Membran Selulosa Asetat

Selulosa diasetat sesuai komposisi yang tercantum pada Tabel 1 dimasukkan bersama dengan aseton ke dalam labu erlenmeyer tertutup dan diaduk selama 3 jam dengan pengaduk magnetik. Kemudian ditambahkan polietilen glikol dan akuades setetes demi setetes, lalu diaduk hingga homogen. Selanjutnya, larutan didiamkan selama 1 hari untuk menghilangkan gelembung udara yang terdapat didalam larutan polimer.

Tabel 1. Distribusi komposisi polimer selulosa diasetat, pelarut dan zat aditif

No	SA (% b)	Pelarut aseton (%b)	PEG (%b)
1	13	81	5
2	14	80	5
3	15	79	5

Pencetakan dilakukan melalui metode pemisahan/inversi fasa menggunakan *casting machine*. *Casting knife* digerakkan untuk membentuk lapisan tipis pada pelat kaca dan dibiarkan kontak dengan udara bebas dalam waktu bervariasi yaitu 0, 5, 10 dan 15 detik. Setelah membran dicetak, pelat kaca dimasukkan ke dalam bak koagulasi yang berisi air sebagai koagulan dan dibiarkan selama 1 hari pada suhu kamar.

2.2.4. Karakterisasi Membran

2.2.4.1. Uji fluks dan rejeksi

Nilai fluks dan rejeksi diperoleh dengan melakukan proses filtrasi menggunakan sel filtrasi. Dilakukan proses kompaksi terlebih dahulu agar rantai polimer menyusun diri. Setelah proses kompaksi, akuades dalam sel filtrasi diganti dengan larutan asam humus dengan konsentrasi 25 ppm. Pengukuran fluks dilakukan dengan mengukur volume larutan yang dapat ditampung selama 120 menit dengan interval 10 menit pada tekanan 0,5 atm. Nilai fluks dihitung dengan perbandingan volume permeat per satuan luas membran per satuan waktu. Sementara nilai rejeksi diperoleh dengan mengukur konsentrasi larutan sebelum dan sesudah melewati membran dengan menggunakan spektrofotometer dan turbidimeter lalu dihitung nilai rejeksinya dengan membandingkan konsentrasi produk dan umpan.

2.2.4.2. Analisa FTIR dan SEM

Proses analisa senyawa kimia dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Melalui instrumen tersebut akan diketahui gugus kimia yang terkandung didalam material padatan. Sementara penentuan stuktur morfologi membran dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Dengan uji ini dapat dilihat penampang permukaan dan penampang melintang suatu membran menggunakan mikroskop elektron (Mulder, 1996).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Preparasi Eceng Gondok

Penelitian ini dimulai dengan melakukan preparasi serat eceng gondok melalui pengeringan tangkai eceng gondok dilanjutkan dengan penghilangan kulit luar yang banyak mengandung lignin dan zat pengotor lainnya. Setelah diperoleh tangkai yang bersih, tahap selanjutnya adalah proses perubahan ukuran (*size reduction*) melalui proses pemotongan dan penghancuran. Proses preparasi serat eceng gondok mengakibatkan kehilangan massa hingga massa akhir menjadi ~35% dari massa awal.

3.2. Isolasi Selulosa dari Eceng Gondok

Proses isolasi dilakukan untuk mendapatkan selulosa dengan kemurnian tinggi. Terdapat beberapa tahapan dalam proses isolasi selulosa yaitu ekstraksi, pemutihan dan penyaringan. Proses ekstraksi dilakukan untuk menghilangkan senyawa-senyawa ekstraktif yang terkandung dalam tangkai eceng gondok (senyawa selain lignin, selulosa dan hemiselulosa) (Thiripura dan Ramesh, 2012). Pada tahap ini zat pengotor yang terdapat pada sampel akan terekstrak sehingga berat sampel tersebut akan berkurang sebanyak ~44 % dari berat sampel awal. Produk dari tahapan ekstraksi adalah padatan serat berwarna coklat muda. Warna coklat tersebut mengindikasikan bahwa pada serat tersebut masih terdapat zat pengotor lain seperti lignin dan hemiselulosa.

Tahapan selanjutnya adalah pemutihan (*bleaching*) untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa hingga diperoleh serat yang berwarna putih. Pemutihan ini dilakukan menggunakan larutan NaClO. Ion hipoklorit yang dimiliki NaClO merupakan oksidator kuat yang mampu memecahkan ikatan eter dalam struktur lignin, akibatnya derajat keputihan serat eceng gondok naik secara signifikan. Setelah pemasakan menggunakan larutan NaClO, tahapan selanjutnya adalah hidrolisis menggunakan larutan NaOH untuk menghilangkan hemiselulosa. Hidrolisis basa ini dilakukan untuk memotong rantai hemiselulosa agar terpisah dari rantai utama, yaitu selulosa. Selain itu, raksi dengan larutan NaOH juga akan menyebabkan molekul lignin terdegradasi akibat pemutusan ikatan aril-eter, karbon-karbon, aril-aril dan alkali-alkali (Thiripura dan Ramesh, 2012). Terakhir, padatan yang diperoleh disaring dan dicuci dengan akuades sehingga didapatkan selulosa dengan kemurnian tinggi.

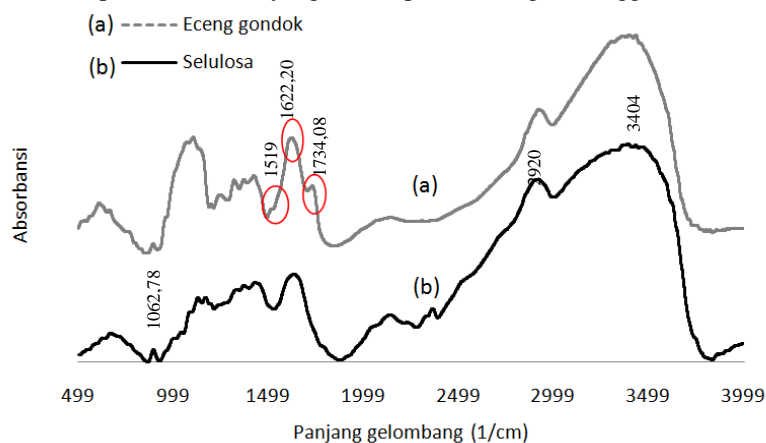
Proses isolasi menyebabkan terjadinya perubahan bentuk fisik dari serat eceng gondok menjadi selulosa.

Serat yang awalnya berwarna coklat berubah menjadi putih akibat dari proses pemurnian yang telah menghilangkan impuritas yang terkandung didalam serat meliputi zat pengotor seperti logam berat, hemiselulosa serta lignin. Proses isolasi menyebabkan pengurangan massa dari eceng gondok awal. Tabel 2 menyajikan data mengenai berapa besar pengurangan massa yang terjadi selama proses isolasi selulosa dari eceng gondok.

Tabel 2. Perubahan massa eceng gondok selama proses isolasi selulosa

No	Proses	Massa (gram)		% massa hilang	Senyawa yang hilang
		awal	akhir		
1.	Ekstraksi	84,570	46,963	44	Zat pengotor (<i>wax</i>)
2.	Pemutihan I	46,963	37,874	19	Lignin
3.	Hidrolisis basa I	37,874	34,087	10	Hemiselulosa & Lignin
4.	Pemutihan II	34,087	28,974	15	Lignin
5.	Hidrolisis basa II	28,974	14,487	50	Hemiselulosa dan mineral

Untuk meninjau dari sisi senyawa kimia, maka dilakukan analisa gugus fungsi yang terdapat didalam serat eceng gondok awal dan produk selulosa yang telah diperoleh dengan menggunakan FTIR.



Gambar 1. Spektrum IR eceng gondok dan selulosa dari eceng gondok

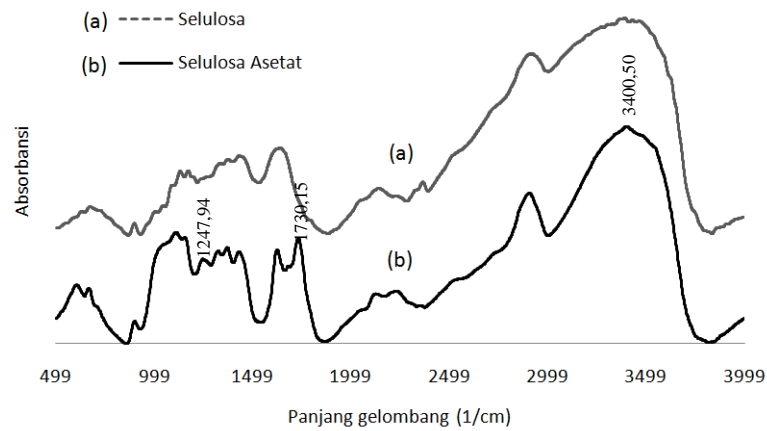
Berdasarkan pada Gambar 1 terlihat bahwa pada hasil spektrum IR eceng gondok terdapat puncak pada panjang gelombang $1734,08\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan keberadaan asetil dan ester pada rantai gugus karboksil dari asam p-koumeril serta mengindikasikan keberadaan lignin dan hemiselulosa (Thiripura dan Ramesh, 2012). Selain itu terdapat pula puncak pada panjang gelombang 1519 cm^{-1} yang menunjukkan keberadaan gugus C=C pada cincin aromatik lignin. Hemiselulosa terlihat dari keberadaan puncak pada panjang gelombang $1622,20\text{ cm}^{-1}$. Ketiga gugus tersebut memperlihatkan keberadaan impuritas berupa hemiselulosa dan lignin. Pada hasil spektrum IR selulosa, puncak tersebut telah hilang akibat proses pemurnian yang telah dilakukan. Disisi lain, pada hasil spektrum IR selulosa terdapat puncak pada panjang gelombang 3404 cm^{-1} dan 2920 cm^{-1} yang menunjukkan keberadaan gugus -OH dan C-H dimana kedua gugus tersebut merupakan gugus fungsi utama selulosa. Hasil spektrum telah menunjukkan bahwa impuritas yang terdapat dalam eceng gondok telah berkurang dan diperoleh selulosa dengan kemurnian tinggi.

3.3. Asetilasi Produk Selulosa

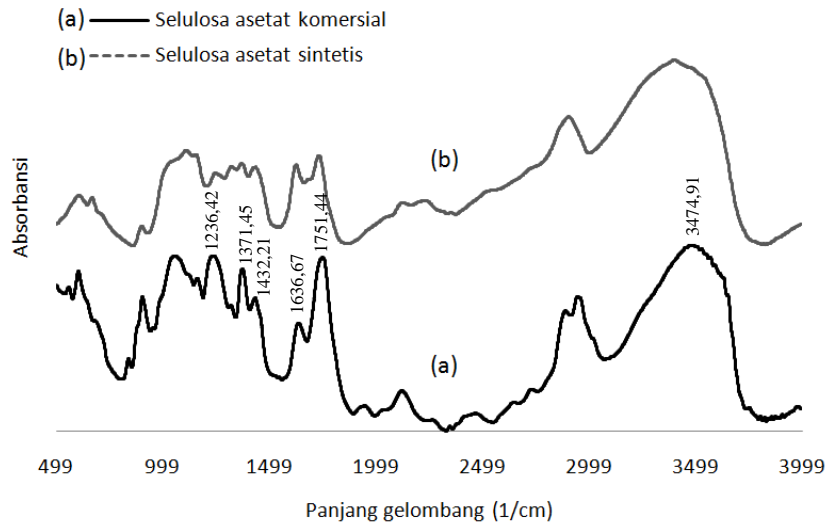
Proses asetilasi selulosa menghasilkan selulosa diasetat berupa padatan berwarna putih. Untuk mengetahui perubahan gugus fungsi setelah dilakukan proses asetilasi, maka produk hasil proses asetilasi diuji dengan menggunakan instrumen FTIR. Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa hasil spektrum IR selulosa diasetat memiliki perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan hasil spektrum IR selulosa. Pada hasil spektrum IR selulosa diasetat muncul puncak tajam pada panjang gelombang $1730,15\text{ cm}^{-1}$ dan $1247,94\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus karbonil C=O dan gugus C-O ester. Pada spektrum IR selulosa diasetat, terdapat gugus fungsi karbonil C=O dan ikatan C-O ester sedangkan pada spektrum IR selulosa tidak terdapat gugus fungsi tersebut. Hal ini membuktikan bahwa selulosa sudah terasetilasi membentuk selulosa diasetat. Selain itu, pada spektrum IR selulosa asetat muncul puncak melebar tajam pada bilangan gelombang $3400,50\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus hidroksil -OH.

Selain menganalisa gugus fungsi antara bahan baku dan produk, dilakukan pula pengujian dengan melarutkan selulosa diasetat sintetis dengan pelarut yang akan digunakan dalam pembuatan membran, yaitu aseton. Kelarutan selulosa asetat sintetis dalam aseton menunjukkan bahwa kadar asetilnya berada pada kisaran 37-42%

(Kirk dan Othmer, 1993). Selain itu dilakukan juga analisa perbandingan gugus fungsi antara selulosa diasetat sintetik dan komersial, hasil analisa tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 3.



Gambar 2. Spektrum IR selulosa dan selulosa diasetat sintetik



Gambar 3. Spektrum IR selulosa diasetat sintetik dan komersial

Tabel 3. Gugus fungsi spektrum IR selulosa diasetat sintetik dan komersial

No	Gugus fungsi	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)	
		SA Komersial	SA Sintetis
1.	-OH	3474,91	3456
2.	C=O	1636,67; 1751,44	1644,59; 1733,32
3.	CH ₃	1371,45; 1432,21	1369,46; 1433,11
4.	-COOH	1236,42	1253,99

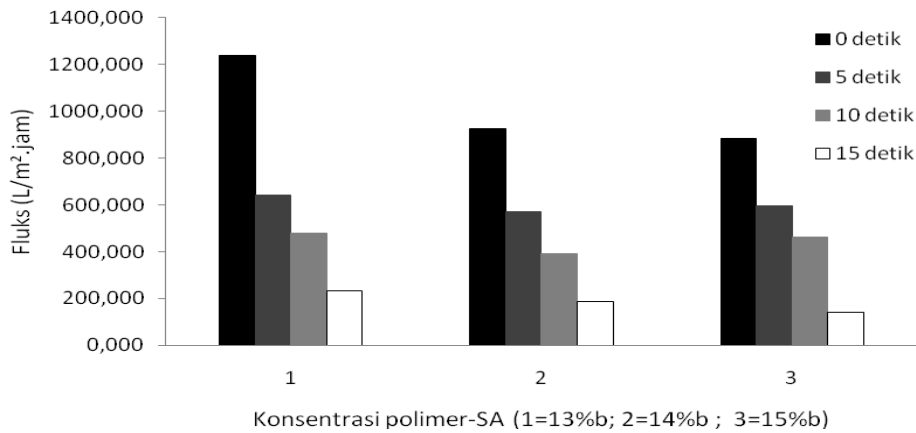
Hasil spektrum IR menunjukkan bahwa gugus fungsi yang dimiliki oleh selulosa diasetat komersial dimiliki pula oleh selulosa diasetat sintetik. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa selulosa diasetat sintetik dari eceng gondok dapat dijadikan bahan baku pembuatan membran seperti selulosa diasetat komersial.

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh data bahwa setiap pengolahan 100 gram eceng gondok kering akan menghasilkan selulosa diasetat sebanyak 5,6 gram. Jadi, yield yang diperoleh dalam penelitian pembuatan selulosa diasetat dari eceng gondok adalah sebesar 5,6%. Setelah melakukan penelitian pembuatan selulosa diasetat dari eceng gondok, proses penelitian yang kedua adalah pembuatan dan karakterisasi membran selulosa diasetat.

3.4. Hasil Karakterisasi Membran Selulosa Asetat

3.4.1. Hasil Pengukuran fluks membran

Proses karakterisasi untuk mengetahui kinerja membran adalah dengan mengukur fluks dan rejeksi. Gambar 4 menyajikan data hasil pengukuran fluks membran dengan variasi waktu penguapan dan konsentrasi polimer.



Gambar 4. Grafik hubungan antara fluks membran dengan konsentrasi selulosa disetat pada variasi waktu penguapan (tekanan 0,5 atm)

3.4.2. Hasil pengukuran rejeksi membran

Pengukuran rejeksi membran dilakukan secara bersamaan dengan pengukuran fluks membran. Larutan asam humus sebelum dan sesudah melewati membran diukur tingkat kekeruhannya menggunakan alat turbidimeter dan juga konsentrasinya menggunakan alat spektrofotometri pada panjang gelombang 205 nm. Hasil pengukuran rejeksi pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.Data pengukuran rejeksi membran pada tiap variasi komposisi membran dan waktu penguapan pelarut

Konsentrasi Polimer (b/b)	Waktu Penguapan (detik)	Rejeksi (%)	
		NTU	Asam Humus
13	0	44,10	42,31
	5	46,28	45,15
	10	49,81	45,69
	15	50,55	48,59
14	0	55,52	50,70
	5	58,53	51,24
	10	58,81	56,28
	15	59,10	57,38
15	0	60,09	58,95
	5	65,73	63,15
	10	66,62	64,28
	15	68,62	67,50

3.5. Pengaruh waktu penguapan terhadap fluks dan rejeksi membran

Berdasarkan Gambar 4 dan Tabel 4 dapat diketahui bahwa seiring semakin lamanya waktu penguapan, fluks yang dihasilkan semakin berkurang sementara rejeksinya semakin bertambah. Kedua hal tersebut terjadi karena semakin lamanya waktu penguapan, pori membran yang terbentuk semakin kecil. Semakin lamanya waktu penguapan mengakibatkan peningkatan konsentrasi polimer pada bagian atas lapisan membran dan menyebabkan pori membran yang terbentuk menjadi lebih kecil atau semakin rapat dikarenakan interaksi pertukaran pelarut dengan udara ambient lebih kecil dibandingkan dengan pertukaran pelarut dengan nonpelarut (Strathmann dkk., 1971). Terlebih lagi bagian atas lapisan ini akan menghambat kecepatan pertukaran sisa pelarut dan nonpelarut melalui permukaan membran selama proses imersi di dalam bak koagulasi.

Pori yang semakin kecil akan mengurangi kecepatan aliran permeal melalui membran namun kemampuan membran untuk memisahkan suatu partikel akan semakin baik (Mulder, 1996). Fenomena inilah yang menyebabkan terbentuknya membran dengan fluks yang semakin berkurang dan rejeksi yang semakin

bertambah (Li dkk., 2009 dan Soroko dkk., 2011). Berdasarkan hasil penelitian, membran dengan fluks dan rejeksi terbaik diperoleh pada proses pencetakan membran dengan waktu penguapan 10 detik.

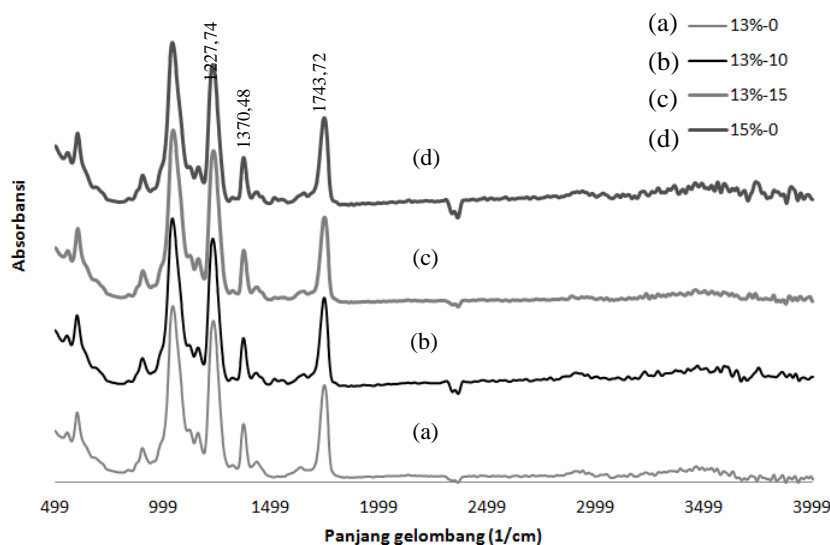
3.6. Pengaruh konsentrasi polimer terhadap fluks dan rejeksi membran

Berdasarkan Gambar 4 dan Tabel 4 dapat diketahui bahwa perbedaan konsentrasi selulosa asetat berpengaruh terhadap nilai fluks dan rejeksi membran. Semakin tinggi konsentrasi selulosa asetat maka fluks yang diperoleh akan semakin berkurang sementara rejeksinya bertambah. Hal ini terjadi karena bertambahnya konsentrasi selulosa asetat membuat jumlah molekul polimer per satuan volume semakin banyak sementara jumlah molekul pelarut yang akan tergantikan oleh non pelarut menjadi pori semakin sedikit (Mohan dkk., 2004). Selain itu meningkatnya jumlah polimer juga memperkuat kestabilan termodinamik dari larutan yang akan dicetak menjadi film (Mohan dkk., 2004). Sehingga morfologi membran dengan konsentrasi polimer yang lebih tinggi akan semakin rapat dan porinya semakin kecil serta membuat kecepatan aliran permeat yang melalui pori-pori membran berkurang, namun kemampuannya untuk memisahkan partikel bertambah. Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi polimer terbaik diperoleh pada 15% b.

3.7. Analisa FTIR

Untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat di dalam membran, maka dilakukan analisa menggunakan spektrofotometer FTIR untuk membuktikan keberadaan selulosa diasetat. Berdasarkan hasil uji analisa FTIR dapat diketahui bahwa membran memiliki gugus C=O, CH₃ dan -COOH yang ditunjukkan dengan panjang gelombang yang terdapat pada Tabel 5. Melalui Gambar 5 dapat diketahui bahwa semakin besar waktu penguapan, luas daerah serapan yang dimiliki membran dengan konsentrasi polimer 13 %b pada waktu penguapan yang berbeda, yaitu 0, 10 dan 15 detik, mengalami perubahan nilai absorbansi namun tidak terlalu signifikan. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa waktu penguapan berpengaruh terhadap perubahan struktur morfologi membran. Semakin besar luas daerah serapan (nilai absorbansi) mengindikasikan bahwa konsentrasi polimer didalam membran semakin banyak, sehingga membran semakin *dense*.

Disisi lain, konsentrasi polimer juga berpengaruh terhadap struktur morfologi membran. Hal ini terlihat dari luas daerah serapan yang dimiliki membran dengan konsentrasi polimer 15% b lebih besar dari pada 13% b dan membuktikan bahwa konsentrasi polimer yang lebih tinggi membuat membran mengandung polimer yang semakin banyak sehingga struktur morfologinya juga semakin rapat.



Gambar 5. Spektrum IR membran selulosa diasetat dengan variasi konsentrasi dan waktu penguapan

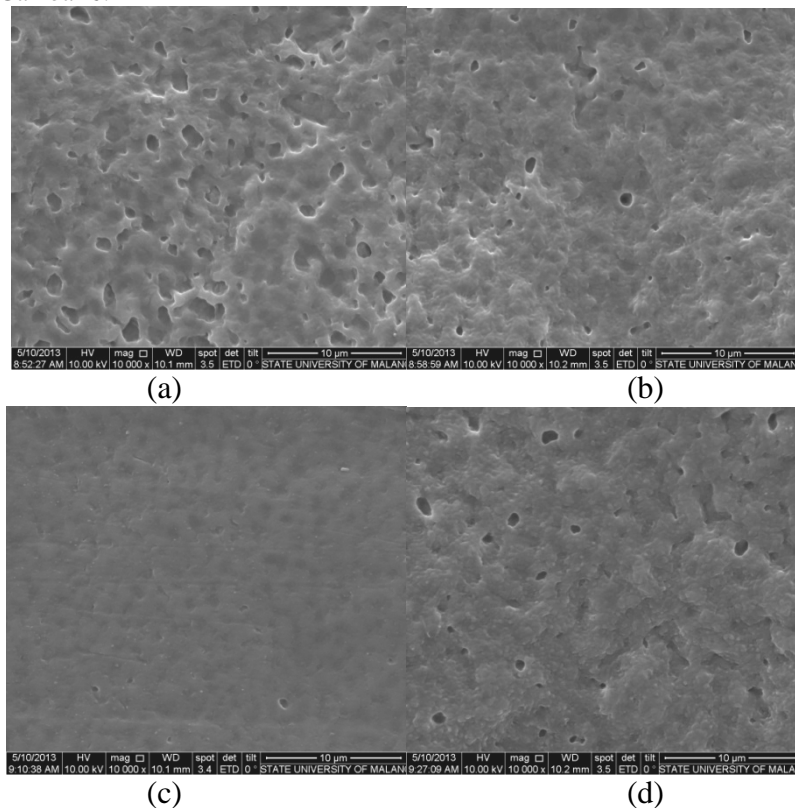
Tabel 5. Gugus fungsi hasil spektrum IR membran selulosa asetat

No	Gugus fungsi	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)			
		13% - 0 detik	13% - 10 detik	13% - 15 detik	15% - 0 detik
1	C=O	1744,69	1743,72	1744,69	1743,72
2	CH ₃	1371,45	1370,48	1370,48	1370,48
3	-COOH	1231,60	1229,67	1231,60	1227,74

3.8. Analisa SEM

Struktur morfologi membran dianalisa menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Melalui SEM, foto penampang sisi permukaan dan sisi melintang membran dapat diketahui. Dalam penelitian ini, terdapat empat membran yang dianalisa menggunakan SEM, yaitu membran 13 %b dengan waktu penguapan 0,

10 dan 15 detik serta membran 15%b dengan waktu penguapan 0 detik. Hasil analisa keempat membran tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penampang permukaan membran selulosa diasetat (perbesaran 10.000 kali):
a) 13%b-0 detik, b) 13%b-10 detik, c) 13%-15 detik dan d) 15%b-0 detik

Pada Gambar 6, dapat dilihat penampang sisi permukaan pada empat membran yang berbeda. Berdasarkan hasil penampang permukaan dapat diketahui bahwa diameter pori membran memiliki ukuran 1-10 μm dimana dengan ukuran pori tersebut termasuk dalam kategori membran mikrofiltrasi. Jika melihat perbandingan penampang sisi permukaan membran dengan konsentrasi yang sama, yaitu 13%b namun dengan waktu penguapan berbeda, yaitu 0, 10 dan 15 detik, dapat diketahui bahwa semakin lamanya waktu penguapan, diameter dan jumlah pori membran yang terbentuk semakin berkurang sehingga permukaan membran cenderung rapat. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan waktu penguapan menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi polimer pada bagian atas lapisan membran dan membuat pori membran menjadi lebih kecil atau semakin rapat dikarenakan interaksi pertukaran pelarut dengan udara ambient lebih kecil dibandingkan dengan pertukaran pelarut dengan nonpelarut (Strathmann dkk., 1971).

Jika melihat perbandingan membran dengan konsentrasi polimer yang berbeda, yaitu antara membran dengan konsentrasi 13%b dan 15%b, dapat diketahui bahwa semakin besar konsentrasi polimer, jumlah pori membran semakin berkurang dan diameternya mengecil. Hal ini membuktikan bahwa semakin besarnya konsentrasi polimer menyebabkan nilai fluks membran akan semakin berkurang sementara rejeksinya bertambah.

4. Kesimpulan

Eceng gondok dapat diolah menjadi selulosa diasetat dan berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai polimer dalam pembuatan membran karena bersifat larut dalam aseton dengan kisaran kadar asetil 37-42% dan memiliki gugus fungsi yang sesuai yaitu $-\text{OH}$, $\text{C}=\text{O}$, CH_3 dan $-\text{COOH}$. Konsentrasi polimer dan waktu penguapan berpengaruh terhadap struktur morfologi dan kinerja membran, dimana semakin besar konsentrasi polimer dan semakin lama waktu penguapan, maka struktur morfologi membran akan semakin rapat dan diameter pori membran semakin kecil sehingga fluks yang dihasilkan semakin kecil sementara koefisien rejeksinya semakin besar. Konsentrasi polimer 15 %b dengan waktu penguapan 10 detik merupakan kondisi operasi optimum yang digunakan dalam pembuatan membran dengan nilai fluks sebesar $460,54 \text{ L/m}^2\cdot\text{jam}$ dan koefisien rejeksi sebesar 64,28%.



Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pengelola Laboratorium Separasi dan Laboratorium Pengolahan Limbah atas fasilitas yang telah disediakan selama proses penelitian.

Daftar Pustaka

- Amanda, P., (2011), 2030, *Rawa Pening Bebas Eceng Gondok*, <http://regional.kompas.com/read/2011/08/03/19314388/2030.Rawa.Pening.Bebas.Eceng.Gondok>, Diakses 02 Mei 2012 10:58:22
- Bolenz, O. dan Gierschner, K., (1990), Treatment of water hyacinth tissue to obtain useful products, *Journal of Biowastes*, 33:263-274
- Gressel, J., (2008), Transgenics are imperative for biofuel crops, *Plant Sci*, 174: 246-263
- Kirk, R.E. dan Othmer, D.F., (1993), *Encyclopedia of Polimer Science and Technology*, New York : Interscience Publisher.
- Mohan, D., Thanikaivelan dan Rajendran, M., (2004), Synthesis, characterization and thermal studies on cellulose acetat membrane with additive, *Europen Polymer Journal* 2153-2159
- Mulder, M., (1996), *Basic Principles of Membrane Technology*, Netherland: Kluwer Academic.
- Pasaribu, G dan Sahwalita, (2006), Konservasi dan Rehabilitasi Sumberdaya Hutan, *Makalah Utama pada Ekspose Hasil-Hasil Penelitian*, Padang.
- Poddar, L. dan Banerjee, (1991), Studies on water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) – Chemical composition of the plant and water from different habitat, *Journal of Ind Vet*, J 68:833-837
- Saljoughi, E., Sadzadeh, M., dan Mohammadi, T., (2009), Effect of preparation variables on morphology and pure water permeation flux through asymmetric cellulose acetate membranes, *Journal of Membrane Science*, 326 (2009) 627 – 634
- Santoso, S.D., (2007), Pembuatan Selulosa diasetat dari Serat Daun Nanas (*Ananas comosus*). *Skripsi Jurusan Kimia-FMIPA*, Universitas Airlangga, Surabaya.
- Strathmann, H., Scheible, R.W., dan Bake, (1971), A rationale for preparation of Loeb-Sourirajan-type cellulose acetate membranes, *Journal of Polymeric Science*, 15 (1971) 811-828
- Thiripura, M. dan Ramesh, Atmakuru, (2012), Isolation and Characterization of cellulose nanofibers from the equatic weed water hyacinth - *Eichhornia crassipes*, *Journal of Carbohydrate Polymers*, 87(2012) 1701-1705
- Wafiroh, S., (2004), Pembuatan Membran Selulosa Asetat dari Pulp Abaca (*Musa Textilis*), Tesis, Program Magister Kimia, Pasca Sarjana, ITB : Bandung.
- Wenten, I. G., (1996), *Membrane Technology for Industry and Environmental Protection*, UNESCO, Center for Membrane Science and Technology, Institut Teknologi Bandung.
- Willy, S. dan Dedy, D., (2010), Selulosa Cross and Bevan Tangkai Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Papan Partikel, *Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, Surabaya.