

Penggunaan Eceng Gondok Sebagai Bahan Tambahan Untuk Pembuatan Membran Desalinasi

Cut Aja Rahmahwati^{1*}, Abdul Muhyi², Salmyah³, Said Aiyub⁴

^{1,3}Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe

²Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

⁴Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

cutajarahmawati@pnl.ac.id (penulis korespondensi)

Abstrak- Pemanfaatan eceng gondok di Indonesia saat ini masih minim, sehingga perlu dikembangkan lebih lanjut. Salah satunya dengan memanfaatkan eceng gondok untuk membuat membran selulosa asetat. Membran selulosa asetat merupakan salah satu membran yang digunakan untuk penyaringan terutama untuk proses desalinasi. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan berat eceng gondok segar 4%, 8%, 12% dan lama waktu fermentasi 5 hari, 7 hari, 9 hari, 11 hari, dan 13 hari. Membran selulosa asetat dibuat untuk memisahkan senyawa-senyawa organik dari air dengan cara melewati larutan melalui membran semipermeable. Salah satu parameter yang diamati pada pembuatan membran selulosa asetat adalah fluks membran, %R Cl⁻, %R pH, %R TDS, dan %R Turbidity. Dari hasil penelitian diperoleh membran yang terbaik adalah dengan variasi berat eceng gondok segar 4% dan lama waktu fermentasi 7 hari dengan fluks air 0,060 ml/cm².det, %R Cl⁻ 45,59%, %R pH 7,32%, %R TDS 19,62%, dan %R Turbidity sebesar 26,67%.

Kata Kunci : Desalinasi, eceng gondok, membran, selulosa asetat.

Abstract: The use of water hyacinth in Indonesia is currently still minimal, so it needs to be developed further. One of them is by using water hyacinth to make cellulose acetate membranes. Cellulose acetate membrane is one of the membranes used for filtration, especially for the desalination process. This research was conducted by varying the weight of fresh water hyacinth 4%, 8%, 12% and the duration of fermentation was 5 days, 7 days, 9 days, 11 days, and 13 days. Cellulose acetate membranes are made to separate organic compounds from water by passing the solution through a semipermeable membrane. One of the parameters observed in the manufacture of cellulose acetate membranes was the membrane flux, %R Cl⁻, %R pH, %R TDS, and %R Turbidity. From the results of the study, it was found that the best membrane was with a weight variation of 4% fresh water hyacinth and a fermentation time of 7 days with a water flux of 0.060 ml/cm².sec, %R Cl⁻ 45.59%, %R pH 7.32%, %R TDS 19.62%, and %R Turbidity 26.67%.

Keywords: Desalination, water hyacinth, membrane, cellulose acetate.

I. Pendahuluan

Kebutuhan air bersih di Indonesia terus meningkat namun penyediaan air bersih di Indonesia masih tergolong rendah, terlebih untuk masyarakat yang berada di sekitar wilayah pantai. Perusahaan industri hanya menyediakan air bersih yang dapat menjangkau masyarakat perkotaan dan itu juga belum terlalu banyak. Air laut adalah air dari laut atau samudra. Air laut memiliki kadar garam rata-rata 3,5%, artinya dalam 1 liter (1000 mL) air laut terdapat 35 gram garam. Air laut memiliki potensi untuk diolah menjadi air bersih melalui proses desalinasi.

Desalinasi adalah proses pemisahan untuk mengurangi kandungan garam terlarut pada air laut hingga level tertentu sehingga air dapat digunakan. Beberapa metode desalinasi air laut telah diteliti dan dikembangkan untuk memperoleh air tawar dari air laut yang asin karena mengandung garam (Rachmilda dkk, 2012). Teknologi yang saat ini sedang marak digunakan untuk proses desalinasi adalah melalui proses membran. Teknologi membran adalah proses pemisahan dua atau lebih fasa zat yang berbeda dengan melewati suatu membran.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan tanaman di wilayah perairan yang hidup terapung pada air. Eceng gondok mengandung senyawa kimia selulosa yang cukup tinggi, yaitu 64,51%. Oleh karena itu, eceng gondok sangat potensial untuk dijadikan selulosa asetat. Selulosa asetat merupakan ester yang paling penting yang berasal dari asam organik. Selulosa asetat tidak mudah terbakar, berbentuk

padatan putih, tidak beracun, tidak berasa, tidak berbau, dan umumnya digunakan untuk pembuatan serat. Selulosa asetat telah dipakai secara luas, diantaranya sebagai material membran, filter rokok, tekstil, plastik, dan industri serta farmasi.

Penelitian sebelumnya mengenai pemanfaatan selulosa asetat dari eceng gondok sebagai bahan baku pembuatan membran untuk desalinasi. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa jumlah starter *Acetobacter xylinium* yang digunakan pada proses pembentukan selulosa mikrobial memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan membran dalam proses desalinasi (merejeksi partikel CL⁻), jumlah starter 200 mL *Acetobacter xylinium* memiliki kemampuan terbaik dalam proses desalinasi, yaitu dengan nilai rejeksi mencapai 25% (Rachmilda dkk, 2012). Oleh karena itu, penelitian ini melanjutkan pembuatan membran dari selulosa asetat dengan variasi berat eceng gondok segar dan waktu fermentasi untuk memaksimalkan kerja membran dalam proses desalinasi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan secara rinci tentang penelitian yang dilakukan.

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini bertempat di Laboratorium Kimia Dasar dan Analitik dan Laboratorium Satuan Operasi dan Teknologi Kimia Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.

B. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Eceng Gondok, bakteri *Acetobacter Xylinum*, gula pasir, air kelapa, $(NH_4)_2SO_4$, Ag NO_3 , CH_3COOH , H_2SO_4 , Etanol, Diklorometan, 2-propanol, Natrium Azida, dan K_2CrO_4 .

Peralatan yang digunakan blender, saringan, timbangan, TDS meter, pH meter, Turbidity meter.

C. Rancangan perlakuan percobaan.

1). Variabel tetap: (a). Pembuatan selulosa mikrobial eceng gondok: air kelapa 3 liter, *Acetobacter Xylinum* 8%, gula pasir 5%, $(NH_4)_2SO_4$ 0,5 %, asam asetat glasial 0,5%. (b). Pemurnian Selulosa Mikrobial: NaOH 4%, CH_3COOH 4%; (c). Pembuatan selulosa asetat: Asam asetat glasial 100 ml, suhu pada tahap asetilasi 40 °C, waktu pada tahap swelling dan asetilasi 7 jam. 2). Variabel bebas: (a) Berat eceng gondok segar: 4%, 8%, 12%; (b) Lama waktu fermentasi: 5, 7, 9, 11, dan 13 hari. 3). Variabel terikat: Uji fluks membran, uji klorida, uji pH, uji TDS, uji turbiditi.

D. Proses Pembentukan Selulosa Mikrobial Eceng Gondok

1. Eceng gondok yang sudah dicuci bersih kemudian dipotong kecil-kecil.
2. Lalu ditimbang sesuai dengan variasi berat eceng gondok segar dan di blender dengan air kelapa 3 liter, selanjutnya disaring untuk diambil cairan konsentratnya.
3. Kemudian dipanaskan hingga mendidih.
4. Menambahkan gula pasir 5%, $(NH_4)_2SO_4$ 0,5%, dan asam asetat glasial 0,5% diaduk lalu didinginkan dan atur pHnya 4.
5. Menambahkan starter *Acetobacter Xylinum* 8%.
6. Menginkubasi dengan variasi waktu fermentasi (5, 7, 9, 11, dan 13 hari).
7. Didapatkan selulosa mikrobial berupa nata (gel berwarna keputih-putihan).

E. Pemurnian Selulosa Mikrobial

1. Nata hasil dari proses fermentasi direndam dalam larutan NaOH 4% selama 24 jam.
2. Merendam lagi dalam larutan CH_3COOH 4% selama 24 jam.
3. Setelah direndam dengan asam asetat, selulosa mikrobial direndam dalam air 3 kali.
4. Mengeringkan di bawah sinar matahari.
5. Kemudian dilanjutkan dengan proses pembuatan selulosa asetat.

F. Pembuatan Selulosa Asetat

Selulosa mikrobial yang telah dikeringkan di bawah sinar matahari dilanjutkan dengan 3 tahap.

1. Menambahkan asam asetat glasial sebanyak 100 ml dan melakukan pengadukan selama 7 jam pada tahap *swelling*.
2. Menambahkan asam sulfat pekat dan melakukan pengadukan kontinyu selama 7 jam pada tahap asetilasi.
3. Kemudian ke dalam selulosa hasil asetilasi ditambahkan air dingin dan dilakukan pengadukan selama 1 jam pada tahap hidrolisis.

4. Didapatkan gumpalan-gumpalan selulosa asetat berwarna putih kekuning- kuningan.

G. Preparasi Membran

1. Melakukan penyaringan gumpalan-gumpalan putih kekuningan hasil reaksi hidrolisis dengan menggunakan kertas saring.
2. Melakukan pencucian 3 kali menggunakan aquadest dan etanol.
3. Melakukan proses Vacuum Pump dan mencampurkan hasil vacuum pump dengan diklorometan.
4. Didapatkan larutan cetak (*dope*).

H. Pencetakan Membran

1. Kaca diselotip dengan ketebalan tertentu.
2. Dope selulosa asetat dicetak di atasnya, diratakan menggunakan batang silinder lalu diangin-anginkan di udara terbuka selama 15 menit.
3. Setelah itu, pelat kaca dimasukkan ke dalam koagulan 2-propanol selama 24 jam.
4. Membran yang telah terbentuk dicuci 3 kali dengan air yang mengalir.
5. Menyimpan membran dalam larutan natrium azida untuk mencegah pertumbuhan mikroba.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini terdiri dari lima tahapan yaitu proses pembentukan selulosa mikrobial eceng gondok, pemurnian selulosa mikrobial, pembuatan selulosa asetat, preparasi membran, dan pencetakan membran sehingga di peroleh produk membran selulosa asetat. Produk membran selulosa asetat dilakukan uji kinerja membran meliputi uji fluks membran, perubahan pH dalam air laut, efesiensi penyisihan total dissolved solids (TDS), efesiensi penyisihan turbidity dan efesiensi penyisihan Klorida. Sebelum dilakukan uji kinerja, dilakukan dahulu analisa pada air laut, dapat dilihat pada tabel 1. Hasil uji fluks dan efisiensi kinerja membran ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 3.1 Hasil analisa air laut Ujung Batee, Jomblang, Kota Lhokseumawe

Parameter	Satuan	Nilai Ukur
pH	-	8,2
TDS	mg/l	423
Turbidity	NTU	0,15
Klorida	mg/l	872,07

Tabel 3.2 Hasil Data Penelitian

Variabel		Analisa				
Berat eceng gondok segar (%)	Lama waktu fermentasi (hari)	Fluks (ml/cm ² .detik)	%R Klorida (mg/L)	%R pH	%R TDS (mg/L)	%R Turbidity (NTU)
4	5	0,044	32,93	3,66	12,29	13,33
	7	0,060	49,59	7,32	19,62	26,67
	9	0,051	39,43	6,10	17,26	20,00
	11	0,047	33,33	3,66	13,71	13,33
	13	0,049	41,06	4,88	14,18	20,00

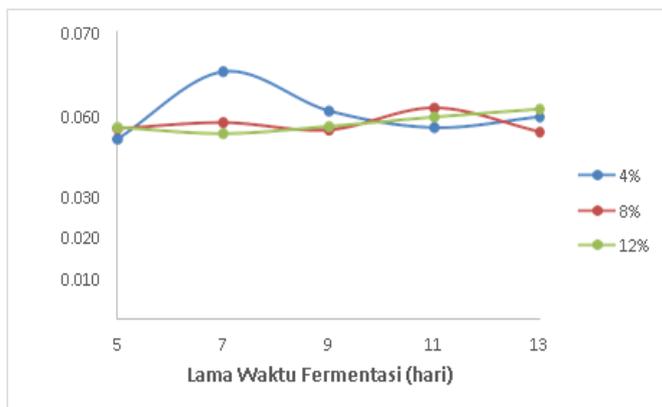
Tabel 3.2 (Sambungan)

8	5	0,047	33,94	3,66	13,48	6,670
	7	0,048	36,59	3,66	11,35	6,670
	9	0,046	35,77	3,66	10,40	13,33
	11	0,052	39,43	4,88	16,55	20,00
	13	0,046	35,57	4,88	10,87	13,33
12	5	0,047	36,59	3,66	12,77	6,670
	7	0,045	33,94	4,88	12,06	6,670
	9	0,047	34,96	3,66	13,00	13,33
	11	0,049	39,84	6,10	17,97	20,00
	13	0,051	38,01	4,88	16,55	20,00

Dari data-data yang sudah diperoleh diatas, ditampilkan grafik-grafik beserta pembahasannya.

a. Pengaruh Berat Eceng Gondok Segar dan Lama Waktu fermentasi Terhadap Fluks Membran

Nilai fluks dinyatakan sebagai volume larutan umpan yang dapat melewati membran per satuan waktu per satuan luas membran. Pengujian fluks membran dilakukan dengan cara melewatkan air ke dalam membran pada tekanan 2 psi. Pengambilan sampel di setiap 50 ml volume air yang keluar kemudian dicatat waktunya.



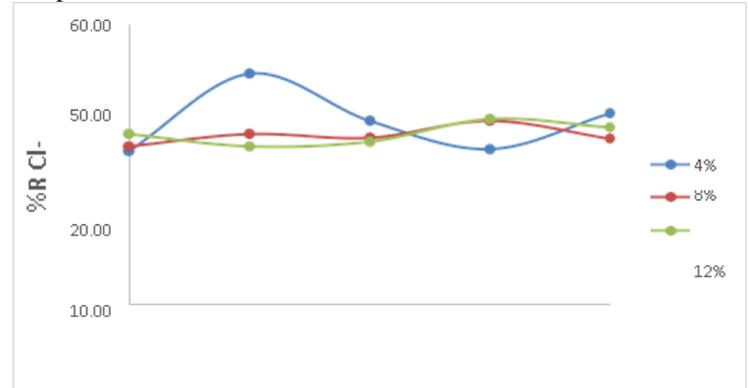
Gambar 1 Pengaruh Berat Eceng Gondok Segar dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Fluks Membran

Berdasarkan grafik pada Gambar 3.1 menunjukkan semakin lama waktu fermentasi tidak menentukan fluks yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan karena kondisi

fisik membran yang tidak beraturan. Fluks tertinggi terdapat pada sampel dengan variasi berat eceng gondok segar 4% dan lama waktu fermentasi 7 hari yaitu 0,060 ml/cm².detik.

b. Pengaruh Berat Eceng Gondok Segar dan Lama Waktu fermentasi Terhadap Koefisien Rejeksi Klorida (Cl⁻)

Selektifitas (koefisien rejeksi) adalah ukuran kemampuan membran menahan suatu spesi. Faktor yang mempengaruhi selektifitas adalah besarnya ukuran partikel yang akan melewatinya, interaksi antara membran, larutan umpan dan ukuran pori. Nilai CL⁻ yang tinggi dapat berbahaya bagi kesehatan diantaranya dapat merusak atau korosif pada kulit dan peralatan

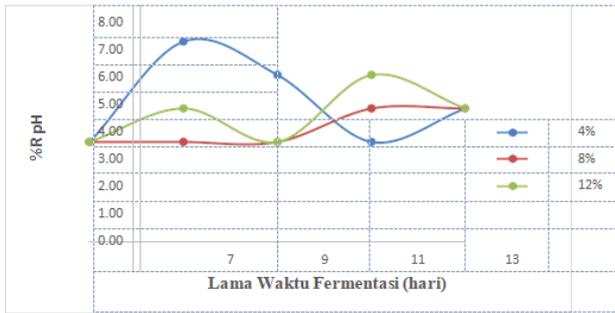


Gambar 2 Pengaruh Berat Eceng Gondok Segar dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Koefisien Rejeksi Klorida (Cl⁻)

Berdasarkan hasil analisa Cl⁻ air laut terukur sebelum melewati membran adalah 872,07 mg/l yang berarti air laut memiliki kadar Cl⁻ yang tinggi. Namun setelah melewati membran pada tekanan 2 psi dari membran yang bervariasi berat eceng gondok dan lama waktu fermentasi tersebut diperoleh nilai Cl⁻ yang menurun. Hal ini menunjukkan bahwa dalam aliran permeat kandungan Cl⁻ mengalami penurunan konsentrasi. Berdasarkan grafik pada Gambar 3.2 menunjukkan koefisien rejeksi Cl⁻ semakin tinggi, Hal ini disebabkan karena kondisi fisik membran yang tidak beraturan. Koefisien rejeksi Cl⁻ tertinggi terdapat pada sampel dengan variasi berat eceng gondok segar 4% dan lama waktu fermentasi 7 hari yaitu 49,59%.

c. Pengaruh Berat Eceng Gondok Segar dan Lama Waktu fermentasi Terhadap Koefisien Rejeksi Tingkat Keasaman (pH)

Nilai pH mendefinisikan kandungan asam dan basa di air laut. Angkanya antara pH 0 - pH 14.

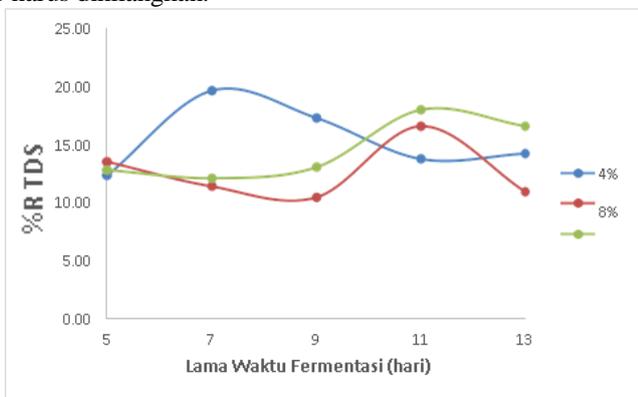


Gambar 3 Pengaruh Berat Eceng Gondok Segar dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Koefisien Rejeksi Tingkat Keasaman (pH)

Berdasarkan hasil analisa pH air laut terukur sebelum melewati membran adalah 8,2 yang berarti air laut bersifat basa. Namun setelah melewati membran pada tekanan 2 psi dari membran yang bervariasi berat eceng gondok dan lama waktu fermentasi tersebut diperoleh nilai pH yang menurun. Hal ini menunjukkan bahwa dalam aliran permeat kandungan pH mengalami penurunan konsentrasi. Berdasarkan grafik pada Gambar 3.3 menunjukkan semakin lama waktu fermentasi tidak menentukan koefisien rejeksi pH semakin tinggi, Hal ini disebabkan karena kondisi fisik membran yang tidak beraturan. Koefisien rejeksi pH tertinggi terdapat pada sampel dengan variasi berat eceng gondok segar 4% dan lama waktu fermentasi 7 hari yaitu 7,32%.

d. Pengaruh Berat Eceng Gondok Segar dan Lama Waktu fermentasi Terhadap Koefisien Rejeksi Total Dissolved Solid (TDS)

TDS (*Total Dissolved Solid*) yaitu total padatan terlarut yang terdapat dalam air. Ion-ion penyebab TDS digolongkan ke dalam dua kelompok yaitu kelompok ion utama (Sodium, kalsium, magnesium, bikarbonat, sulfat, dan klorida) dan ion sekunder (Besi, strontium, kalium, karbonat, nitrat, flourida, boron, dan silika). Semakin tinggi TDS akan membuat kualitas air menurun di sebabkan oleh banyaknya padatan terlarut di dalam air tersebut. Oleh karena itu, TDS di dalam air harus dihilangkan.

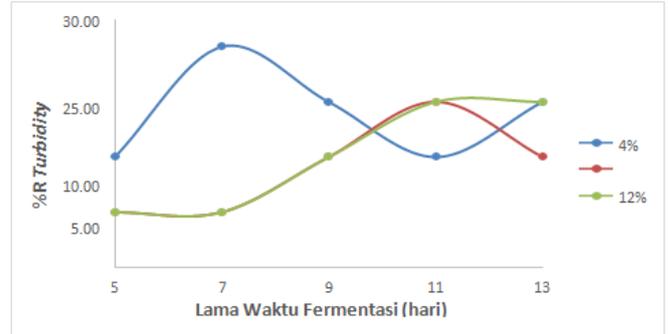


Berdasarkan grafik pada gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu fermentasi tidak menentukan koefisien rejeksi TDS semakin tinggi, hal ini disebabkan karena kondisi

fisik membran yang tidak beraturan. Koefisien rejeksi TDS tertinggi terdapat pada sampel dengan variasi berat eceng gondok segar 4% dan lama waktu fermentasi 7 hari yaitu 19,62%.

e. Pengaruh Berat Eceng Gondok Segar dan Lama Waktu fermentasi Terhadap Koefisien Rejeksi *Turbidity*

Turbidity yaitu tingkat kekeruhan dalam air. Nilai kekeruhan rendah menunjukkan tinggi kejernihan air dan nilai yang tinggi menunjukkan kejernihan air yang rendah.

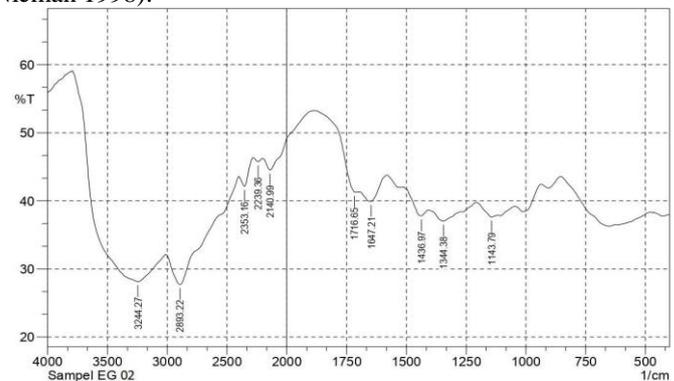


Gambar 5 Pengaruh Berat Eceng Gondok Segar dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Koefisien Rejeksi *Turbidity*

Berdasarkan grafik pada gambar 3.5 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu fermentasi tidak menentukan koefisien rejeksi *Turbidity* semakin tinggi, Hal ini disebabkan karena kondisi fisik membran yang tidak beraturan. Koefisien rejeksi *Turbidity* tertinggi terdapat pada sampel dengan variasi berat eceng gondok segar 4% dan lama waktu fermentasi 7 hari yaitu 26,67%.

f. Karakteristik Membran berdasarkan Gugus Fungsi

Pengujian dengan FTIR bertujuan untuk mengetahui berhasil atau tidaknya proses pembuatan membran selulosa asetat. Pengujian dengan FTIR menunjukkan gugus fungsi karbonil (C=O) dari selulosa asetat. Bila terdapat gugus fungsi karbonil (C=O) dalam sampel yang dianalisa, gugus akan terdeteksi pada spectrum bilangan puncak 1690 – 1760 cm⁻¹ (Nieman 1998).



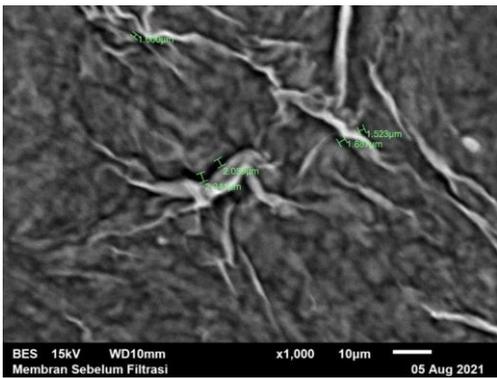
Gambar 6 Hasil Analisa FTIR Produk Membran Selulosa Asetat

Dari hasil uji FTIR terbukti adanya gugus karbonil (C=O) dalam produk. Dari gambar 3.6 gugus karbonil terdeteksi pada bilangan gelombang 1716,65 cm⁻¹. Terdeteksinya gugus karbonil dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan selulosa asetat berhasil membentuk gumpalan-gumpalan selulosa asetat.

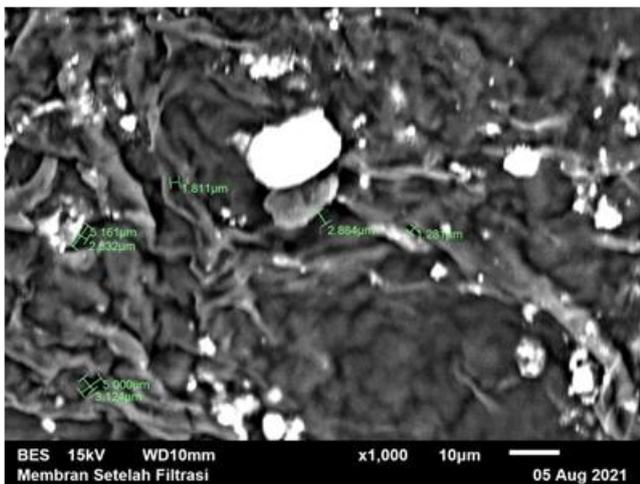
g. Karakteristik Membran berdasarkan Morfologi Membran

Struktur dari permukaan suatu membran atau salah satu cara untuk mengetahui morfologi membran adalah dengan uji SEM. SEM juga dapat mengetahui distribusi pori, geometri pori, ukuran pori dan porositas pada permukaan membran, sehingga memudahkan untuk mengetahui berapa besar pori-pori atau ukuran pori-pori pada membran tersebut.

Dari hasil uji SEM dapat dilihat pada Gambar 3.7 permukaan membran selulosa asetat dengan perbesaran 1000x menunjukkan pori-pori yang terdapat pada membran dengan variasi berat eceng gondok segar 4% dan lama waktu fermentasi 7 hari sebelum filtrasi memiliki ukuran 1,762 µm menunjukkan membran tergolong membran mikrofiltrasi.



Gambar 7 Hasil Analisa SEM Membran Selulosa Asetat Sebelum Filtrasi.



Gambar 8 Hasil Analisa SEM Membran Selulosa Asetat Sesudah Filtrasi

Struktur pori-pori membran pada Gambar 4.7 lebih rapat dari pada struktur pori-pori membran pada Gambar 3.8. Hal ini menyebabkan struktur selulosa asetat yang semakin membesar akibat dari tekanan udara yang diberikan pada saat fluks membran.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian disimpulkan sebagai berikut.

1. Pada membran selulosa asetat variasi berat eceng gondok segar dan lama waktu fermentasi fluks yang paling tertinggi dengan nilai 0,060 ml/cm².detik terjadi pada variasi berat eceng gondok segar 4% dan lama waktu fermentasi 7 hari dengan tekanan 2 psi.

2. Filter membran selulosa asetat variasi berat eceng gondok segar dan lama waktu fermentasi efektif menurunkan Klorida (Cl⁻), pH, TDS dan Turbidity pada air laut. Persentase penyisihan Klorida (Cl⁻) tertinggi sebesar 45,59%, pH air laut menjadi netral dengan nilai 7,6-7,9 dengan persentase penyisihan tertinggi sebesar 7,32%, persentase penyisihan TDS tertinggi sebesar 19,62%, dan persentase penyisihan Turbidity air laut tertinggi sebesar 26,67%. Hasil analisa gugus fungsi menggunakan FTIR menghasilkan gugus karbonil (C=O) yaitu terdeteksi pada bilangan gelombang 1716,65 cm⁻¹. Hasil uji SEM permukaan membran selulosa asetat dengan perbesaran 1000x menunjukkan pori-pori yang terdapat pada membran selulosa asetat variasi berat eceng gondok segar 4% dan lama waktu fermentasi 7 hari memiliki ukuran 1,762 µm menunjukkan membran tergolong membran mikrofiltrasi.

REFERENSI

[1] Anonim 1 <http://www.scribd.co>, selulosa asetat. (Di akses pada 29 November 2020) Apriani, R., Rohman, T., & Mustikasari, K. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate Membranes from Oil Palm Empty Fruit Bunches). Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 9(2), 91-98.

[2] Asnetty, pengembangan *Proses Pembuatan Selulosa Asetat dari Pulp Tandan Kosong Kelapa Sawit Proses Etanol*, Prosiding seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia, ITS, Surabaya, 2007.

[3] Dra. Fachraniah, M. S. (2017). *Jobsheet Praktikum Kimia Analitik*. Politeknik Negeri Lhokseumawe.

[4] Farida. (2012). Pemanfaatan serat eceng gondok dan kitosan sebagai bahanbaku untuk pembuatan poly lactic acid sebagai kemasan ramah lingkungan. *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara. Fengel D. dan Wegener G. 1995. *Kayu, Kimia Ultrastruktur Reaksi-Reaksi*, diterjemahkan oleh Hardjono Sastro Hamidjojo, Edisi I, UGM Press.Yogyakarta.

[5] Fessenden R. J dan Fessenden J.S. 1992. *Kimia Oraganik* (Diterjemahkan oleh Pudjaatmaka), Edisi 3, Jilid III, Penerbit Erlangga, Jakarta. 525 halaman. Foundation, A. F. (2011). *Eichhornia Crassipes*. From http://aquaplant.tamu.edu/images/plant_photos?floating_plants/drawing/waterhyacinth.html diakses pada 29 November 2020.

[6] Indriyani, V., & Novianty, Y., Mirwan, A. (2017). Pembuatan Membran Ultrafiltrasi Dari Polimer

- Selulosa Asetat Dengan Metode Inversi Fasa. *Konversi*, 6(1), 12-17.
- [7] John, P., 1992. *Biosynthesis of The Major Crop Products*, John Willey and Sons, Chicester. Hlm 154.
- [8] Kiswondo, S. (2011). Penggunaan abu sekam dan pupuk ZA terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum Mill.*). *Jurnal Embryo*, 8(1), 9-17.
- [9] Kiyose, U.S Patent No 5990304 dan Levensipel, industry and engineering chemistry (IEC), vol.40, (1500), New York, 1998.
- [10] Lindu, M., & Puspitasari, T. (2010). Sintesis dan karakterisasi selulosa asetat dari nata de coco sebagai bahan baku membran ultrafiltrasi. *Teknik Lingkungan, Universitas Trisakti. Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(1), 17-23.
- [11] Misdawati. 2005. Sintesis Selulosa Kaproat Melalui Reaksi Interesterifikasi Antara Selulosa Asetat Dengan Metil. *Jurnal Sains Kimia*. Vol 9, No.1. hlm 38-45.
- [12] Mulder, M 1996. *Basic Principles Of Membrane Technology*. Kluwer Academic Publishers. London.
- [13] Pinnata, R., & Damayanti, A. (2012). Pemanfaatan selulosa asetat eceng gondok sebagai bahan baku pembuatan membran untuk desalinasi. *Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Semarang*.
- [14] Richa, R., Metty, M., & Slamet, P. (2013). Sintesis selulosa diasetat dari eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan potensinya untuk pembuatan membran. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(3), 8-16.
- [15] Rizal, H. M., Pandiangan, D. M., & Saleh, A. (2013). Pengaruh penambahan gula, asam asetat dan waktu fermentasi terhadap kualitas nata de corn. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1).
- [16] Siswarni, M. Z. (2007). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang sebagai Membran Selulosa. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan. *Jurnal Teknologi Proses*, 6(1), 49-51.
- [17] Suci, A. S. A., Deawati, Y., Si, M., & Siregar, D. A. (2013). Pembuatan Standar Modern Karbon Gula Pasir Indonesia Untuk Menentukan Umur Fosil Kayu dan Moluska Menggunakan Metode Radiokarbon. Prosiding Seminar Nasional Sains. BATAN. Bandung.
- [18] Taufik, D., Purnawan, M., Julyana, R., Noordiningsih, K., Ratnasari, A., Priyanto, B. (2019). Rekayasa Membran Keramik Lorong Jamak Untuk Proses Mikrofiltrasi dalam Industri pangan. *Laporan Akhir Litbangyasa Industri. Kementerian Perindustrian RI, Balai Besar keramik*.
- [19] Utami, T. (2016). *Pengaruh Pemberian Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Sebagai Campuran Pakan Terhadap Efisiensi Pakan Dan Pertumbuhan Ikan Lele Dumbo (Clarias gariepinus)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Purwokerto).
- [20] Utomo, A. F., Primastuti, N., & Purbasari, A. (2013). Pemanfaatan limbah furniture eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) di Koen Gallery sebagai Bahan Dasar Pembuatan Briket Bioarang. *Jurnal teknologi Kimia dan Industri*, 220-225.
- [21] Wanichapichart, P., Kaewnopparat, S., Buaking, K., & Puthai, W. (2002). Characterization of cellulose membranes produced by *Acetobacter xylinum*. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, 24, 855-862.
- [22] Wenten, I. G., *Teknologi Membran dan Aplikasinya di Indonesia*, Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung 2010.