

KARAKTERISASI DAN MODIFIKASI MEMBRAN KITOSAN DENGAN EKSTRAK ETANOL MAMAN UNGU (*Cleome rutidospermae*)

Putri Rizkina^{*}, Febrina Arfi, Reni Silvia Nasution

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry,
Banda Aceh, Indonesia

*E-mail: putry2404@gmail.com

Abstract : *Chitosan is a natural polymer that has non-toxic, hydrophilic, and biocompatible properties and can be used as a basic material for making membranes. The purpose of this study was to find out how to make chitosan membranes with the addition of purple mamon ethanol extract and to know the physical and mechanical characteristics of the membrane using the phase inversion method. The results of the characterization of the chitosan membrane with the addition of 0.3 ml of purple mamon ethanol extract obtained smaller pores than the addition of 0.6, and the surface of the membrane looked rougher compared to other membranes. The characterization of the FTIR functional groups of chitosan membranes with the addition of 0.3 ml and 0.6 ml of mamon purple ethanol extract did not show a significant difference compared to chitosan membranes. The SEM test showed that the chitosan membrane had a slightly rough surface, while the chitosan membrane with a 0.3 ml surface was quite smooth, and the 0.6 ml ethanol extract of Mamon Ungu had lumps that were quite rough and porous. Based on the results of the conclusion, there was a decrease in the value of the tensile strength with the addition of purple mamon ethanol extract.*

Keywords: *Chitosan membrane, purple mamon ethanol extract, phase inversion, tensile strength, SEM*

Abstrak : Kitosan merupakan polimer alami yang memiliki sifat non-toksik, hidrofil dan biokompatibel yang dapat digunakan dalam pembuatan membran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pembuatan membran kitosan dengan penambahan ekstrak etanol mamon ungu dan mengetahui karakteristik sifat fisik dan mekanik dari membran tersebut menggunakan metode inversi fasa. Hasil karakterisasi membran kitosan dengan penambahan 0,3 mL ekstrak etanol mamon ungu didapatkan pori yang lebih kecil dari pada penambahan 0,6 mL permukaan membran tampak lebih kasar dibandingkan dari membran lainnya. Karakterisasi gugus fungsi FTIR membran kitosan dengan penambahan 0,3 mL dan 0,6 mL ekstrak etanol mamon ungu tidak menunjukkan perbedaan signifikan dibandingkan dengan membran kitosan. Uji SEM

menunjukkan membran kitosan memiliki permukaan yang sedikit kasar sedangkan membran kitosan dengan 0,3 mL permukaan cukup halus, sedangkan ekstrak 0,6 mL ekstrak etanol mamon ungu terdapat penggumpalan cukup kasar dan pori-porinya. Berdasarkan hasil kesimpulan terjadi penurunan nilai kuat tarik pada penambahan ekstrak etanol mamon ungu.

Kata Kunci : Membran kitosan, ekstrak etanol mamon ungu, inversi fasa, kuat tarik, SEM

PENDAHULUAN

Polimer alam dapat dimanfaatkan sebagai pilihan yang efisien dari segi biaya dan ketersediaannya di alam, dimana dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan membran. Polimer alam yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan membran yaitu kitosan. Kitosan adalah senyawa yang diperoleh dari proses deasetilasi kitin yang mempunyai rumus molekul $(C_6H_{11}NO_4)_n$.

Membran kitosan memiliki pori, berbentuk membran tipis, *semipermeable* berfungsi untuk memisahkan partikel dengan ukuran molekuler dan dapat bekerja secara adsorpsi sekaligus filtrasi (Anwar dkk. 2019) Kitosan adalah senyawa yang berbentuk polimer rantai panjang dari glukosamin dengan rumus kimia 2-amino-2-dioksi- β -D-Glukosa. Kitosan memiliki sifat yang khas seperti bioaktifis, biodegradasi dan tidak beracun, sehingga membuatnya menjadi salah satu polimer yang sangat banyak kegunaannya untuk kemaslahatan umat manusia (Siregar, 2009). Kitin dapat dihasilkan dari limbah hasil laut, khususnya golongan udang, kepiting, ketam, dan kerang (Sulistiyoningrum dkk. 2013).

Kitosan ditransformasi menjadi membran dengan melarutkan kitosan dalam asam organik seperti asam asetat. Asam asetat salah satu asam karboksilat paling sederhana, setelah asam format. Larutan asam asetat dalam air merupakan asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion H^+ dan CH_3COO^- . Asam asetat cair adalah pelarut protik hidrofilik (polar), seperti air dan etanol.

Sifat keasaman dipengaruhi oleh atom hidrogen (H) pada gugus karboksil ($-COOH$) dapat dilepaskan sebagai ion H^+ (proton), sehingga memberikan sifat asam (Esti dkk. 2013).

Membran yang berbahan dasar hanya kitosan saja memiliki kekurangan antara lain membran yang dihasilkan kurang berpori dan masih bisa untuk ditingkatkan sifat fisik, sifat mekanik dan juga efektivitasnya sehingga pada saat diaplikasikan hasil yang didapatkan masih kurang optimal. Modifikasi membran kitosan diperlukan untuk meningkatkan sifat fisik, sifat mekanik dan juga efektivitasnya.

Erviana dan Mariyamah (2019), juga melaporkan dalam penelitiannya perbandingan terhadap daya serap membran kitosan dan membran kitosan-silika terhadap penurunan kadar fosfat pada limbah detergen menggunakan metode inversi fasa dan didapatkan bahwa membran kitosan-silika dan membran kitosan memiliki nilai koefisien rejeksi terhadap fosfat berturut-turut 66% dan 65%. Berdasarkan nilai koefisien rejeksi dapat diketahui membran kitosan-silika memiliki daya serap yang lebih baik dalam menurunkan kadar fosfat pada limbah detergen, dibandingkan dengan membran kitosan.

PEG atau Polietilen Glikol yaitu golongan senyawa polieter dari etilen oksida. Pembuatan PEG melalui polimerisasi etilen oksida dan secara komersil tersedia dalam rentang berat molekul yang luas dari 300 g/mol sampai 10.000 g/mol. Polietilen glikol memiliki kelarutan yang baik di dalam air dan pelarut organik, sifat toksik yang rendah,

tidak bersifat antigen dan imunogen, bersifat hidrofilik atau mudah berikatan dengan air (Linda dkk. 2020).

Maman ungu (*Cleome rutidosperma*) salah satu jenis gulma yang tumbuh dengan subur. Bijinya yang dapat menyebar dan tumbuh sepanjang jalan, dipertanian, banteran sungai dan perkebunan, tanaman mangan ungu dapat hidup diberbagai kondisi tanah dan tumbuh bersama rerumputan lain. Tanaman mangan ungu yang merupakan famili *Capparaceae* mengandung tioglukosida yang melepaskan isotiosianat (minyak menguap) jika tanamannya dihancurkan.

Menurut penelitian Fernandes dkk, (2018) gulma daun ungu kucing (*Eupatorium odoratum*) dari hasil uji fitokimia mengandung senyawa alkaloid, triterpenoid, tannin, dan steroid. Sedangkan hasil GC-MS ekstrak etanol tumbuhan gulma daun ungu kucing (*Eupatorium odoratum*) memiliki senyawa *Caryophyllene, carbamic acid ethyl ester 4-hydroxy-15, 16-epoxycloeroda-2, 13(16), 14-trieno-17, 12, 18, 1-Biscarbolactone, Carbamic acid, N-[10, 11- dihydro-5-(2-methylamino-1-oxoethyl)-3-5Hdibenzo [b, f] azepinyl]-, ethyl ester, dan Phenol, 2, 6-dichloro-4-nitro-*. Menurut Rivaldi, (2022) hasil analisis GC-MS menunjukkan terdapat 20 senyawa kimia pada ekstrak etanol daun mangan ungu sedangkan pada akar terdapat 22 senyawa kimia, daun dan akar memiliki 3 senyawa utama yang paling dominan yaitu *Hexadecanoic acid, 9-Octadecenoic acid, dan 1-Heptatriacotanol*.

Dari beberapa penelitian diatas pemanfaatan kitosan dalam pembuatan membran sangat menarik untuk dilakukan penelitian tentang uji karakterisasi dan modifikasi membran kitosan dengan ekstrak etanol mangan ungu. Penggunaan ekstrak etanol mangan ungu pada penelitian ini yaitu sebagai zat aditif yang dapat mempengaruhi morfologi dari membran.

METODE

Variasi komposisi pada pembuatan membran kitosan-ekstrak etanol mangan ungu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi komposisi pembuatan membran kitosan-ekstrak etanol mangan ungu

No	Kitosan (g)	PEG (mL)	Ekstrak mangan ungu (mL)
1	0,3	0,3	-
2	0,3	0,3	0,3
3	0,3	0,3	0,6

Pembuatan Membran Kitosan

a. Pembuatan membran kitosan

Sebanyak 0,3 g kitosan dilarutkan kedalam 50 mL larutan asam asetat 2%, diaduk hingga merata selama 2 jam kemudian dimasukkan 0,3 mL PEG diaduk selama 2 jam menggunakan *magnetic stirrer* sampai homogen. Kemudian dituangkan ke dalam cetakan. Kemudian cetakan yang telah diisi kitosan-PEG, didiamkan selama 24 jam, selanjutnya dioven pada suhu 60°C selama 5 jam. Setelah dioven kemudian didiamkan selama 24 jam dan membran dilepaskan dari cetakkannya.

b. Pembuatan membran kitosan-ekstrak etanol mangan ungu

Pembuatan membran kitosan-ekstrak etanol mangan ungu pada penelitian ini menggunakan perbandingan yang tertera pada Tabel.1. Kitosan di tambahkan 0,3 mL ekstrak etanol mangan ungu, kemudian campuran diaduk selama 2 jam menggunakan *magnetic stirrer* sampai homogen. Setelah itu larutan tersebut kemudian dituangkan ke dalam cetakan dan didiamkan 24 jam, selanjutnya dilakukan pengovenan pada suhu 60°C selama 5 jam. Setelah dioven kemudian didiamkan selama 24 jam dan membran dilepaskan dari cetakkannya. Hal tersebut diulangi kembali pada 0,6 mL ekstrak etanol mangan ungu. Membran

yang dihasilkan kemudian di karakterisasi menggunakan FTIR dan SEM.

Karakterisasi Membran

a. FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*)

Pengujian dengan FT-IR dilakukan untuk melihat pergeseran bilangan gelombang pada gugus fungsi sampel yang dipreparasi. Sampel ditempatkan kedalam *set holder* dan diatur spektrum yang sesuai. Difraktogram akan memunculkan hasil yang menunjukkan hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas dan identifikasi puncak gelombang dilakukan dengan cara mengamati %T terhadap bilangan gelombang. Sampel yang diuji menggunakan FT-IR adalah membran kitosan tanpa modifikasi, membran kitosan ekstrak mamon ungu.

b. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Analisis SEM dilakukan untuk melihat morfologi dan distribusi permukaan suatu sampel serta dapat mengetahui unsur-unsur yang terdapat pada sampel. Sampel ditempatkan kedalam *set holder* dengan perekat ganda dan dilapisi dengan logam palladium atau emas dalam keadaan vakum. Selanjutnya sampel dapat dimasukan ditempat sampel yang ada di dalam SEM. Jumlah sampel yang di uji menggunakan SEM adalah membran kitosan-PEG tanpa modifikasi, dan membran kitosan-PEG-ekstrak mamon ungu

c. Uji Kekuatan Tarik

Membran yang dihasilkan diujikan kekuatan tariknya pada suhu kamar, dengan berat beban 100 kgf dan kecepatan 10 mm/menit. Hasil pengujian kekuatan tarik membran dilihat dari nilai *load* dan *stroke* yang dimilikinya. Nilai *load* (MPa) menyatakan kekuatan tarik pada saat putus, sedangkan *stroke* (mm/menit) menunjukkan kekuatan regangan pada saat putus (Meriatna, 2008)

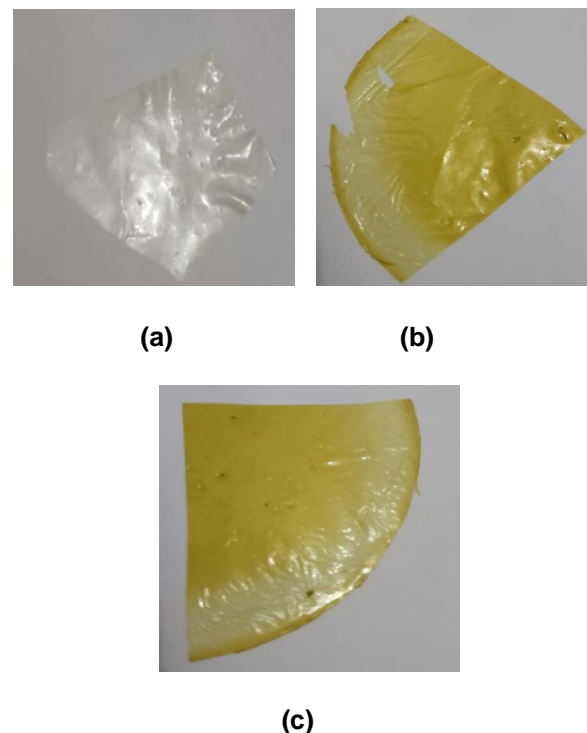
d. Uji Ketebalan

Mengukur ketebalan membran kitosan menggunakan micrometer digital. Dicatat ketebalan yang didapatkan. Kemudian diukur membran kitosan dimodifikasi dengan penambahan ekstrak etanol mamon ungu menggunakan mikrometer digital.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kitosan merupakan biopolimer yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti membran, dimana kitosan mempunyai gugus amina dan karboksil. Gugus amina pada kitosan mampu berikatan dengan unsur lain sehingga memungkinkan kitosan dapat dimodifikasi. Modifikasi membran kitosan dengan ekstrak etanol mamon ungu bertujuan untuk dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik dari kitosan.

Hasil modifikasi membran kitosan dengan ekstrak etanol mamon ungu dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Membran kitosan. (a) Membran kitosan (b) Membran kitosan 0,3 mL ekstrak mamon ungu (c) Membran kitosan 0,6 mL ekstrak mamon ungu

Kitosan yang dimodifikasi dengan PEG dan ekstrak etanol mamon ungu dengan menggunakan variasi konsentrasi ekstrak etanol mamon ungu di karakterisasi menggunakan uji tarik (*Tensile Strength*) dan ketebalan (*Thickness*), FT-IR, dan SEM.

a. Analisis Uji Tarik (*Tensile Strength*) dan Ketebalan (*Thickness*)

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kemampuan membran kitosan-ekstrak etanol mamon ungu dengan berbagi variasi yang digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik dari membran tersebut. Membran yang diuji yaitu membran kitosan, membran kitosan 0,3 mL ekstrak mamon ungu, dan membran kitosan 0,6 mL ekstrak etanol mamon ungu. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2. Analisis uji tarik dan ketebalan.

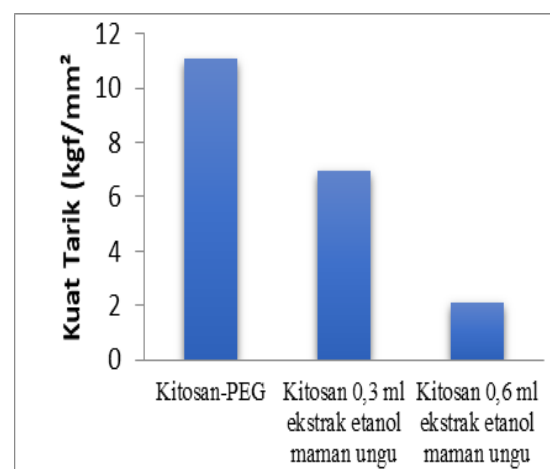
Tabel 2. Analisis Uji Tarik (*Tensile Strength*) dan Ketebalan (*Thickness*)

No	Sampel Membran	Ketebalan (mm)	Kuat Tarik (Kgf/mm ²)
1.	Membran kitosan	0,04	11,11
2.	Kitosan 0,3 mL ekstrak etanol mamon ungu	0,04	6,94
3.	Kitosan 0,6 mL ekstrak etanol mamon ungu	0,04	2,11

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui terjadi penurunan nilai kekuatan tarik pada membran kitosan yang ditambahkan dengan ekstrak etanol mamon ungu. Dimana nilai membran kitosan tanpa penambahan ektsrak etanol mamon ungu sebesar 11,11 kgf/mm², Afrina (2021) melaporkan untuk kuat tarik membran kitosan-PEG 7,58 kgf/mm² dengan konsetrasi PEG 7% (v/v). sedangkan pada membran kitosan dengan penambahan 0,3 mL ekstrak etanol mamon ungu sebesar 6,94

kgf/mm², dan pada membran kitosan dengan penambahan 0,6 mL ekstrak etanol mamon ungu sebesar 2,11 kgf/mm². Penurunan kekuatan tarik pada kitosan dimungkinkan karena penambahan ekstrak etanol mamon ungu yang terlalu banyak atau berlebihan sehingga menyebabkan situs aktif dari kitosan tidak dapat beriteraksi secara penuh sehingga menurunkan sifat mekaniknya (Selpiana dkk. 2016).

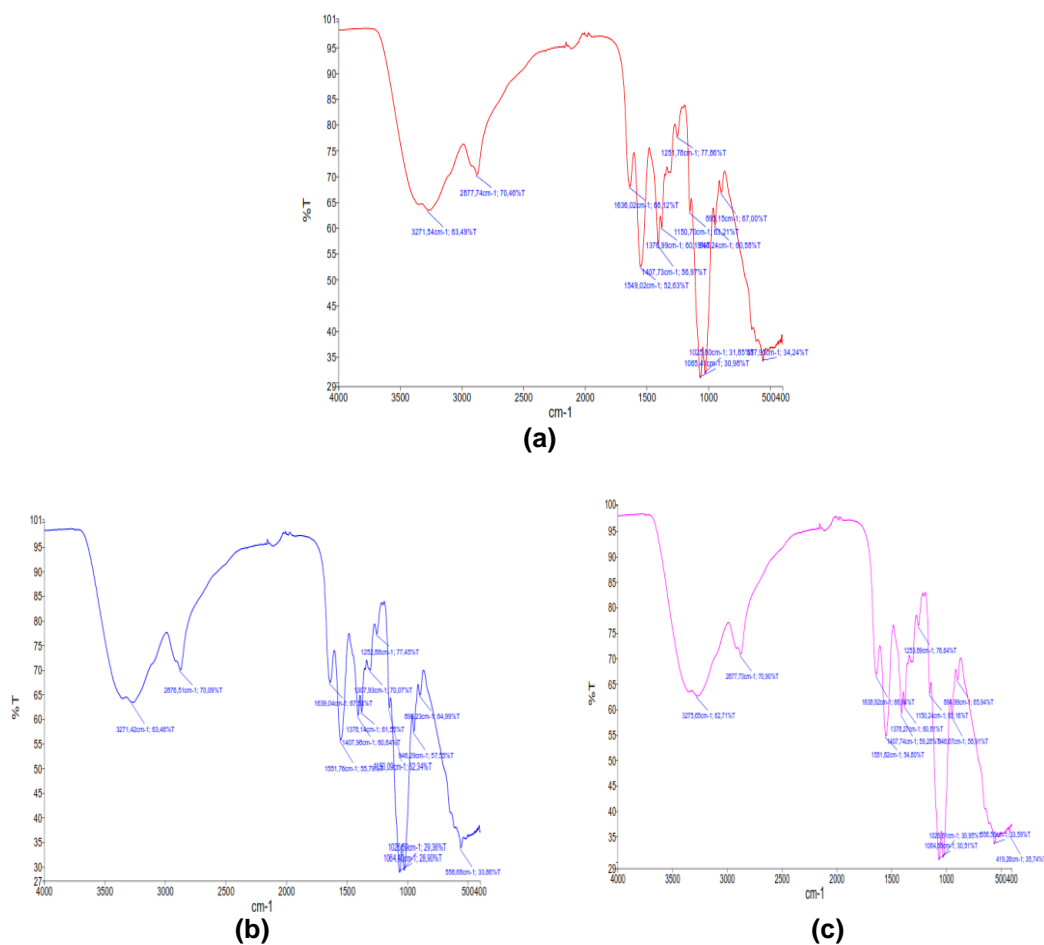
Penurunan kuat tarik membran kitosan yang dimodifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik penurunan kuat tarik membran.

Penentuan Gugus Fungsi Dengan FT-IR

Penentuan gugus fungsi yang terdapat pada suatu sampel dapat dilakukan dengan menggunakan FT-IR. Gambar 3 menunjukkan adanya sedikit perbedaan pita serapan pada spektrum FT-IR membran kitosan-PEG, membran kitosan-PEG-0,3 mL ekstrak mamon ungu, dan membran kitosan-PEG-0,6 mL ekstrak etanol mamon ungu. Hasil interpretasi spektra IR dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektrum FTIR membran kitosan (a) membran kitosan (b) membran kitosan 0,3 mL ekstrak etanol mamon ugu, dan (c) membran kitosan 0,6 mL ekstrak etanol mamon ugu.

Tabel 3. Nilai FTIR dari membran

Interpretasi spektra	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		
	Kitosan-PEG	Kitosan 0,3 mL ekstrak etanol mamon ugu	Kitosan 0,6 mL ekstrak etanol mamon ugu
O-H alkohol ikatan hidrogen, fenol	3271,54	3271,42	3275,65
C-H alkana	2877,74	2876,51	2877,73
C=C alkana	1636,02	1639,04	1638,92
C=C cincin aromatic	1549,02	1551,76	1551,82
C-H alkana	1407,73	1407,98	1407,74
C-H metal	1378,99	1378,14	1378,27
C-H metilen		1307,93	
C-CH ₃ butil tersier	1251,78	1252,88	1253,89
C-CH ₃ isopropil	1150,70	1150,09	1150,24
C-O eter, ester, alkohol, asam karbosilat	1065,41	1064,40	1064,68

C-O	1025,80	1026,59	1026,61
C-C iso tersier	946,24	946,29	946,67
C-C butil tersier	895,15	895,23	894,99
C-H ikatan alkena	557,95	558,68	558,56
C-H ikatan alkena			419,26

Berdasarkan gambar diatas dapat dijelaskan bahwa terjadi penyerapan khas bilangan gelombang $3200-3600\text{ cm}^{-1}$ untuk membran kitosan, membran kitosan 0,3 mL ekstrak mamon ungu, dan membran kitosan 0,6 mL ekstrak etanol mamon ungu, yang menunjukkan adanya vibrasi $-OH$ ikatan hidrogen yang tumpang tindih dengan $-NH$ yaitu pada bilangan gelombang $3271,54\text{ cm}^{-1}$, $3271\text{ cm}^{-1},42$, dan $3275,65\text{ cm}^{-1}$. Pita serapan pada bilangan $2877,74\text{ cm}^{-1}$, $2876,51\text{ cm}^{-1}$, dan $2877,73\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi $-CH$. Afrina (2021) melaporkan gugus hidroksil $-OH$ yang tumpang tindih dengan $-NH$ amina teletak pada bilangan gelombang $3396,77\text{ cm}^{-1}$. Perubahan signifikan antara membran kitosan-PEG dengan membran kitosan 0,3 mL ekstrak etanol mamon ungu terjadi pada bilangan gelombang $1307,93\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus metilen $-CH$ terdeteksi. Sedangkan pada membran kitosan 0,6 mL ekstrak etanol mamon ungu terdapat penyerapan pita pada bilangan $419,26\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi $-CH$ aromatik. Panjang gelombang $1065,41\text{ cm}^{-1}$, $1064,40\text{ cm}^{-1}$, dan $1064,68\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus C-O-C dari PEG yang terikat pada kitosan (Linda dkk,2020).

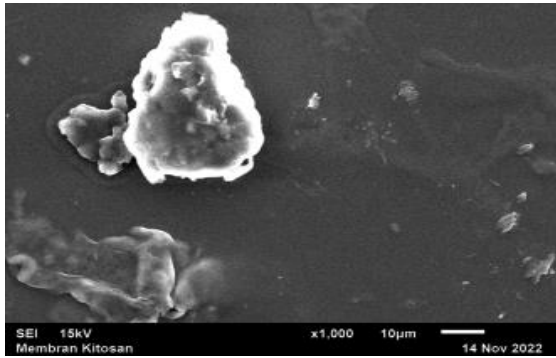
Analisis morfologi dengan SEM (Scanning Electron Microscopy)

Analisis morfologi dilakukan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy) dengan pembesaran 1.000x, 3.000x, 10.000x dan 30.000x yang bertujuan untuk mengetahui kehomogenan membran kitosan dengan membran kitosan yang ditambahkan ekstrak mamon ungu. Membran yang di analisis menggunakan SEM yaitu membran kitosan, membran kitosan 0,3 mL ekstrak

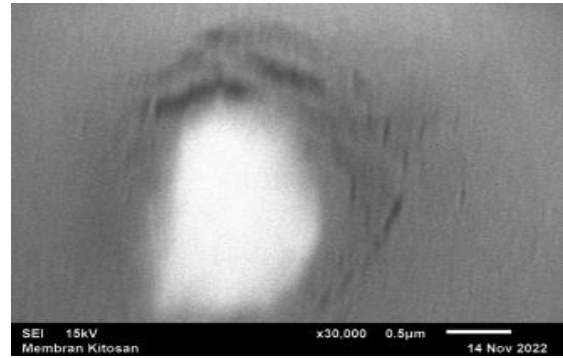
mamon ungu, dan membran kitosan 0,6 mL ekstrak etanol mamon ungu. Hasil dari analisis morfologi membran menggunakan SEM dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan gambar 4(a) morfologi permukaan pada membran kitosan yang menunjukkan permukaan yang cukup halus atau sedikit kasar. Membran kitosan memiliki kontur yang tidak rata dan berpori (Linda dkk. 2020). Hal ini menandakan bahwa kitosan telah larut hingga homogen menggunakan asam asetat 2 %. Permukaan yang sedikit kasar tersebut dipengaruhi oleh PEG. PEG mempunyai peran sebagai pembentuk pori pada membran yang dipengaruhi oleh besarnya massa molekul dan konsentrasinya (Arfah dkk. 2013).

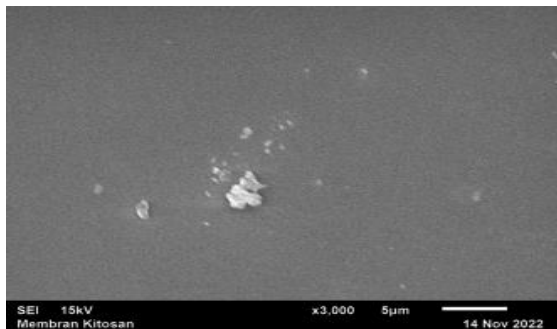
Membran kitosan memiliki kontur yang tidak rata dan berpori. Gambar 4(b) menunjukkan morfologi permukaan membran kitosan 0,3 mL ekstrak etanol mamon ungu. Morfologi permukaan membran masih halus tidak jauh berbeda dengan membran kitosan. Hal tersebut menandakan bahwa ekstrak etanol mamon ungu masih dapat berikatan atau masuk kedalam struktur kitosan. Gambar 4(c) menunjukkan morfologi permukaan membran kitosan 0,6 mL ekstrak etanol mamon ungu. Morfologi permukaan membran memiliki perbedaan yang signifikan dengan membran kitosan dan membran kitosan 0,3 mL ekstrak etanol mamon ungu, permukaan membran tampak lebih kasar dibandingkan dari membran lainnya. Permukaan membran yang kasar tersebut terjadi dikarenakan terdapat partikel-partikel ekstrak etanol mamon ungu yang terperangkap pada kitosan sehingga meningkatkan luas permukaannya.



Pembesaran 10.000x



Pembesaran 3000x

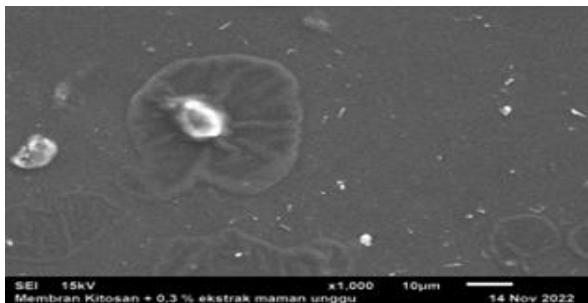


Pembesaran 1000x

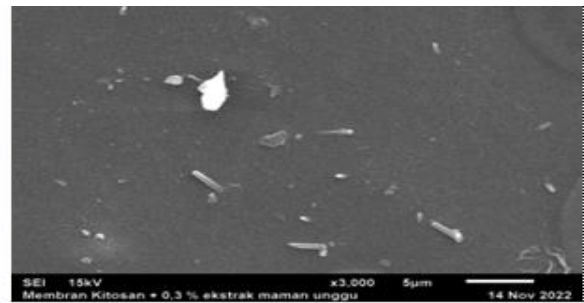


Pembesaran 30.000x

(a)



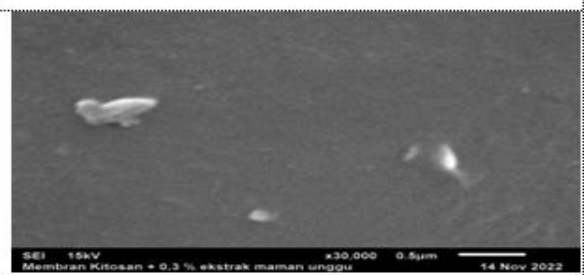
Pembesaran 1000x



Pembesaran 3000x

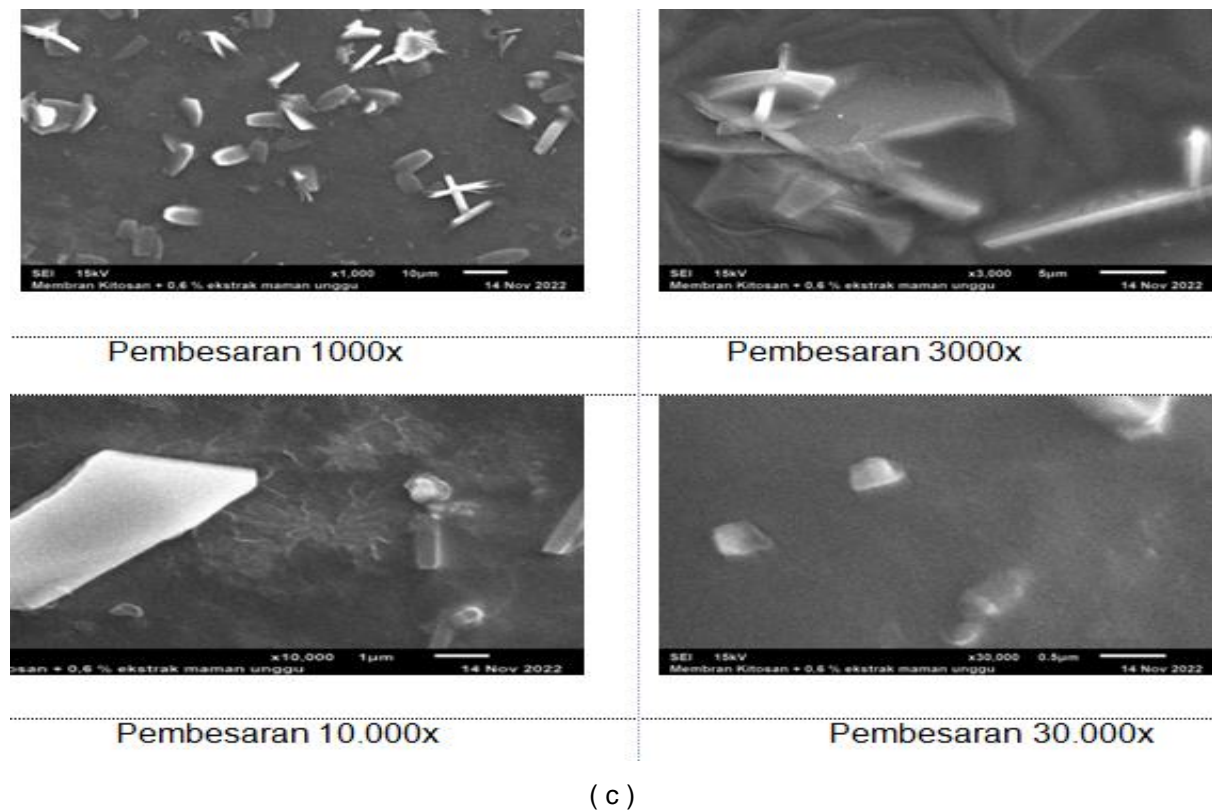


Pembesaran 10.000x



Pembesaran 30.000x

(b)



Gambar 4. Hasil analisis morfologi membran menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) (a) membran kitosan (b) membran kitosan 0,3 mL ekstrak mamon ungu, dan (c) membran kitosan 0,6 mL ekstrak etanol mamon ungu.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan pada penelitian yaitu:

1. Metode penelitian ini menggunakan metode inversi fasa dengan perbandingan volume kitosan dengan ekstrak etanol mamon ungu.
2. Penambahan ekstrak etanol mamon ungu pada membran menyebabkan nilai kuat tarik membran semakin menurun. Hasil SEM pada

penambahan ekstrak etanol mamon ungu 0,3 mL menunjukkan permukaan cukup halus dan rapat, dibandingkan membran yang lain. Spektra FT-IR membran kitosan 0,3 mL ekstrak etanol mamon ungu terjadi pada bilangan gelombang $1307,93 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus metilen $-\text{CH}$ terdeteksi.

DAFTAR RUJUKAN

Afrina, A. 2021. Pengaruh Nilai Fluks dan Rejeksi Terhadap Membran Kitosan Yang Dimodifikasi Dengan Polietilen Glikol. UIN Ar-Raniry. Banda Aceh. *skripsi*.

Anwar, R.A., Putri, S.K., & Sulistyawati. (2019). Sintesis Membran Kitosan dengan Crosslinker Kalium Persulfat untuk Pemisahan Zat Warna Rhodain B. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan". ISSN 1693-4393

- Erviana ,D., & Mariyamah. 2019. Perbandingan Daya Serap Membran Kitosan Dan Membran Kitosan-Silika Terhadap Penurunan Kadar Fosfat Pada Limbah Detergen. Palembang: *Universitas Islam Negeri Raden Fatah*.
- Esti, M., Gusnedi., & Ratnawulan. 2013. Kajian Kapasitansi Membran Akibat Variasi Massa Kitosan. *pillar of physics, vol. 1. april 2013, 77-84*.
- Fernandes, A., Maharani, R., & Supartini. (2018). Analisis Fitokimia dan GC-MS Daun Ungu Kucing (*Eupatorium odoratum* L.F.) Sebagai Bahan Obat Aktif. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*. ISSN 2460-5875.
- Linda, M. N., Khabibi., Retno, A. L., Abdul, H., & Rahmad N. (2020). Pembuatan Dan Karakterisasi Membran Paduan Kitosan polietilenglikol 6000. *Universitas Diponegoro. Vol.14. ISSN 2615-350*.
- Linda, M. N., Khabibi., Retno, A. L., Abdul, H., & Rahmad N. 2020. Pembuatan Dan Karakterisasi Membran Paduan Kitosan polietilenglikol 6000. *Universitas Diponegoro. Vol.14. ISSN 2615-350*.
- Meriatna. (2008). Penggunaan Membran Kitosan untuk Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr) dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. Sumatera Utara :SkripsiUSU.
- Rivaldi, P. 2022. Uji Fitokimia dan Analisis GC-MS Daun Serta Akar Maman Ungu (*Cleome Rutidospermae*). UIN Ar-Raniry. Banda Aceh. *Skripsi*.
- Selpiana, P.A. 2016. Pengaruh Penambahan Kitosan dan Gliserol pada Pembuatan Bioplastik dari Ampas Tebu dan Ampas Tahu. *Jurnal Teknik Kimia*.1(22), 57-64
- Siregar, M. (2009). Pengaruh Berat Molekul Kitosan Nanopartikel untuk Menurunkan Kadar Logam Besi (Fe) dan Zat Warna pada Limbah Industri Tekstil Jeans. universitas sumatra utara.
- Sulistiyoningrum, R. S., Suprijanto, J., & Sabdon, A. (2013). Aktivitas Anti Bakteri Kitosan Dari Cangkang Kerang Simping Pada Kondisi Lingkungan Yang Berbeda: Kajian Pemanfaatan Limbah Kerang Simping (*Amusium Sp.*). *Journal Of Marine Research*, 2(4), 111–117. <https://doi.org/10.1038/141548c0>