

ANALISIS KARAKTERISTIK MEMBRAN PENGOLAHAN AIR DARI BAHAN POLYETHERSULFONE DENGAN PENAMBAHAN PERAK NITRAT

ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF WATER TREATMENT MEMBRANES FROM POLYETHERSULFONE MATERIALS WITH THE ADDITION OF SILVER NITRATE

A.Mataram^{1,6)*}, J. D. Nasution¹⁾, I.Bizy¹⁾, A.S. Mohruni¹⁾, S. Rizal²⁾, M. Pataras³⁾, B. B. Adhitya³⁾, A.Y Kurnia³⁾, R.D Kurnia⁴⁾, M.I. Jambak⁵⁾, M. Bactiar⁶⁾, H. Sutanto⁶⁾

¹⁾Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Prabumulih KM. 32, Indralaya 30662

²⁾Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Sriajaya Negara, Bukit Besar – Palembang 30139

³⁾Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Prabumulih KM. 32, Indralaya 30662

⁴⁾Sistem Informasi, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Prabumulih KM. 32, Indralaya 30662

⁵⁾Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Prabumulih KM. 32, Indralaya 30662

⁶⁾Program Profesi Insinyur, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jl. Jenderal Sudirman, Karet Semanggi – Jakarta, 12930 Indonesia

*email corresponding: amataram@unsri.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Diperbaiki:
Revised
26/04/2024

Diterima:
Accepted
28/05/2024

Publikasi Online:
Online-Published
31/05/2024

ABSTRAK

Pada penelitian ini, membran dengan polimer berbahan Polyethersulfone (PES), zat penguat Perak Nitrat (AgNO_3), serta tambahan zat pelarut *N,N*-Dimethylformamide (DMF). Perbandingan di masing-masing sampel adalah 1,5wt%, 2wt%, dan 2,5wt%. Larutan tersebut dihubungkan dengan listrik DC bertegangan sebesar 1500V selama 30 detik. Pada pengujian tarik menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya konsentrasi campuran, kekuatan tarik membran atau kemampuan membran untuk menahan beban cenderung menurun, di mana membran PES@ AgNO_3 dengan konsentrasi 1,5wt% memiliki nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi yaitu 5,74206 MPa, kemudian nilai kekuatan tarik rata-rata terendah terdapat pada membran PES@ AgNO_3 dengan konsentrasi 2,5wt% yaitu 3,07480 MPa. Penurunan nilai kekuatan tarik disebabkan oleh penyebaran pori yang tidak merata dan terdapat aglomerasi yang terbentuk sehingga saat dilakukan pengujian tarik membran menjadi lebih rapuh dan mudah patah. Pada pengujian CWP, terjadi penurunan signifikan hasil fluks pada variasi konsentrasi membran, di mana saat konsentrasi campuran membran PES@ AgNO_3 1,5wt% didapatkan nilai fluks tertinggi mencapai 3,88797 L.m⁻².h⁻¹.bar⁻¹, berbanding terbalik dengan semakin bertambahnya konsentrasi campuran membran yakni 2,5wt% didapatkan nilai fluks terendah yaitu 1,01345 L.m⁻².h⁻¹.bar⁻¹. Penurunan fluks pada variasi konsentrasi membran disebabkan oleh peningkatan jumlah dan ukuran partikel perak (Ag) yang terbentuk pada campuran membran yang mengakibatkan terjadinya penggumpalan (aglomerasi) di permukaan membran, sehingga terjadi penurunan porositas dan ukuran pori yang terbentuk, serta memicu pemblokiran pori yang berpengaruh terhadap nilai fluks yang dihasilkan. Pada pengamatan SEM terdapat perbedaan, di mana membran memiliki struktur seperti jari dan spons dengan rongga serta terdapat aglomerasi yang berbeda-beda pada permukaan di masing-masing konsentrasi.

Kata Kunci : membran, polyethersulfone, perak nitrat, struktur mikro, kekuatan tarik, nilai fluks.

ABSTRACT

In this research, the membrane was made from polymers made from Polyethersulfone (PES), Silver Nitrate (AgNO_3) strengthening agent, and additional solvent *N,N*-Dimethylformamide (DMF). The comparison in each sample is 1.5wt%, 2wt%, and 2.5wt%. The solution is connected to DC electricity

with a voltage of 15000V for 30 seconds. The tensile test shows that as the mixture concentration increases, the membrane tensile strength or the membrane's ability to withstand loads tends to decrease, where the PES@AgNO₃ membrane with a concentration of 1.5wt% has the highest average tensile strength value, namely 5.74206 MPa, then the value The lowest average tensile strength was found in the PES@AgNO₃ membrane with a concentration of 2.5wt%, namely 3.07480 MPa. The decrease in the tensile strength value was caused by the uneven distribution of pores and agglomeration formed so that when the tensile test was carried out the membrane became more brittle and breaks easily. In the CWP test, there was a significant decrease in flux results with variations in membrane concentration, where when the PES@AgNO₃ membrane mixture concentration was 1.5wt%, the highest flux value reached 3.88797 L.m⁻².h⁻¹.bar⁻¹, inversely proportional to the increasing the concentration of the membrane mixture, namely 2.5wt%, obtained the lowest flux value, namely 1.01345 L.m⁻².h⁻¹.bar⁻¹. The decrease in flux with variations in membrane concentration is caused by an increase in the number and size of silver (Ag) particles formed in the membrane mixture which results in clumping (agglomeration) on the membrane surface, resulting in a decrease in porosity and the size of the pores formed, as well as triggering pore blocking which has an effect on the resulting flux value. In SEM observations there are differences, where the membrane has a structure like a finger and sponge with cavities and there is different agglomeration on the surface at each concentration.

©2024 The Authors. Published by
AUSTENIT (Indexed in SINTA)

doi:

[10.53893/austenit.v16i1.8614](https://doi.org/10.53893/austenit.v16i1.8614)

Keywords : membrane, polyethersulfone, silver nitrate, microstructure, tensile strength, flux value

1 PENDAHULUAN

Kebutuhan air bersih terus mengalami peningkatan pesat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, urbanisasi, perluasan industrialisasi dan meningkatnya kegiatan manusia demi untuk mencukupi berbagai keperluan rumah tangga sesuai dengan tuntutan kehidupan yang terus berkembang (Kalsum dkk., 2019). Di sisi lain, permasalahan pencemaran dan kerusakan lingkungan yang timbul akibat dari pembuangan limbah cair domestik dan pabrik pun menjadi salah satu faktor penurunan kualitas sumber daya air yang berdampak pada kelangkaan sumber air bersih. Jacques Diouf, Direktur Jenderal Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO) menyampaikan, penggunaan air di dunia naik dua kali lipat lebih dibandingkan dengan seabad silam, namun ketersediaannya justru menurun. sehingga terjadi kelangkaan air yang harus ditanggung oleh lebih dari 40% penduduk bumi. Tanpa akses air minum yang higienis mengakibatkan 3.800 anak meninggal tiap hari oleh berbagai jenis penyakit yang diakibatkan karena meminum air yang tidak layak konsumsi (Sunarsih dkk., 2018).

Melihat begitu pentingnya masalah kebutuhan air bersih bagi kehidupan serta dampak negatif yang akan timbul akibat kelangkaannya, maka sebagian orang mencoba dan mencari alternatif yang dapat dilakukan guna memperoleh ketersediaan air bersih yang berkecukupan. Teknologi membran merupakan salah satu aplikasi pengolahan air yang saat ini sering menjadi

perbincangan hangat dunia dikarenakan kemampuannya sebagai media pemisah yang sangat selektif. Di Indonesia, penggunaan membran untuk penjernihan air seiring berjalannya waktu sudah sering dijadikan sebagai alternatif karena dinilai lebih efisien dan mampu beradaptasi sesuai dengan kebutuhan dan perkembangan zaman (Fitradi, 2015; Wenten, 2016).

Membran dapat dibuat dari berbagai jenis material, salah satunya dari bahan baku polimer (Mustabsyirah dkk., 2022). Membran memiliki arti lapisan penyaring yang berada di antara dua fasa dan berfungsi sebagai media penyaring. Penggunaan teknologi membran jika dibandingkan dengan alat penjernihan air yang lain memiliki salah satu keuntungan yaitu konsumsi energi yang rendah, tidak sulit dalam pembuatan, ramah lingkungan (He dkk., 2017; Peters, 2010), tidak membutuhkan banyak peralatan tambahan, pengoperasian yang mudah (Wenten, 2002), serta kualitas air yang dihasilkan sangat baik (Mirwan dkk., 2017).

Penerapan sistem membran pada bidang industri masih dibatasi karena pada membran sering ditemukan *fouling* yang disebabkan oleh adsorpsi dan pengendapan polutan pada permukaan atau pori-pori membran. Faktor pemicunya adalah sifat permukaan membran seperti hidrofilitas, muatan dan kekasaran (Wang dkk., 2019; Zhao dkk., 2015). Selain itu, faktor biofouling yang ada di dalam air dapat mengakibatkan terjadinya *fouling* serta penurunan fluks pada membran (Biswas dan

Bandyopadhyaya, 2017). Mohammadnezhad dkk (2019) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa dengan cara memodifikasi sifat hidrofilitas dan pengurangan kekasaran permukaan membran menjadi solusi peningkatan kinerja *antifouling* membran.

Membran yang baik dapat diperoleh dari beragam campuran polimer. Pada penelitian ini, pembuatan membran menggunakan bahan polimer yang tidak mahal akan tetapi dapat memodifikasi karakteristik membran sehingga mendapatkan hasil yang baik. Bahan dari polimer membran adalah Polyethersulfone (PES), N,N-Dimethylformamide (DMF), serta Perak Nitrat (AgNO_3).

PES adalah salah satu polimer yang paling sering kali digunakan untuk pembuatan membran ultrafiltrasi disebabkan memiliki ketahanan kimia dan mekanik yang baik, ramah lingkungan, stabilitas termal, dan toleransi terhadap pelarut (Zhao dkk., 2013). Meskipun demikian, penggunaan membran PES sering dibatasi karena memiliki sifat hidrofobik yang sangat rentan akan *fouling*, sehingga diperlukan material lain yang digunakan untuk mengubah sifat PES menjadi lebih hidrofilik serta sebagai pengikat sifat *antifouling* membran (Abriyanto dkk., 2022).

Penambahan perak nitrat pada membran filtrasi air mampu mengikat bakteri *coliform* (*biofouling*) yang menjadi pemicu pengotoran membran (Nugroho dkk., 2015). Penggunaan Perak Nitrat sebagai penguat dalam pembuatan membran berbasis polimer untuk penjernihan air telah banyak digunakan karena dalam mekanismenya perak nitrat mampu menonaktifkan bakteri dengan cara ion perak menempel pada membran sehingga terjadinya pembesaran sel bakteri dan membuat kematian bakteri.

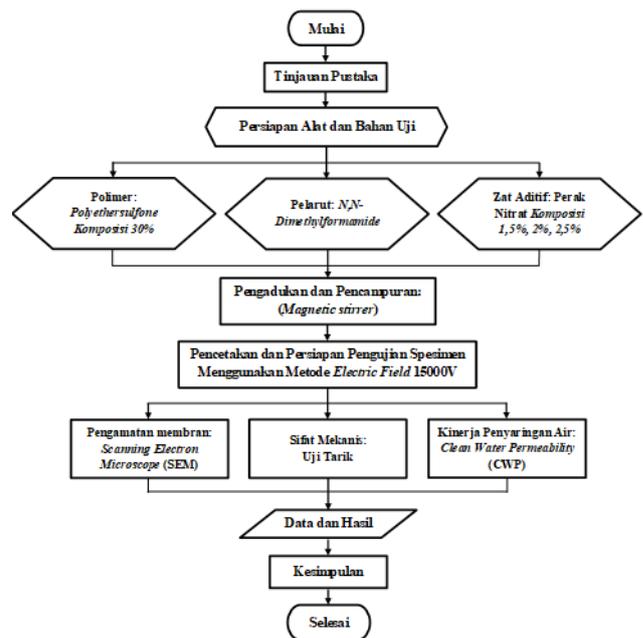
DMF merupakan pelarut polimer dan zat aditif yang memiliki karakteristik seperti tahan api, serta nilai volatilitas dan toksisitas relatif rendah. DMF sebagai pelarut dapat langsung ditambahkan sebagai cairan ke dalam campuran polimer. Pencampuran DMF pada PES dapat meningkatkan nilai kekuatan (EPA, 2000).

Metode penelitian ini berfokus pada modifikasi membran mulai dari permukaan membran, karakterisasi membran seperti sifat mekanik, dan kinerja terhadap proses penyaringan air. Proses pembuatan membran dibuat dengan memodifikasi permukaan membran melalui metode *electric field* dengan arus DC 15000V. Metode *Electric Field* pada sistem pembuatan membran memiliki keuntungan dapat mengurangi tingkat kekasaran permukaan serta membentuk ukuran pori membran yang seragam, ini bertujuan untuk mengurangi tingkat polarisasi konsentrasi dan mencegah pengendapan polutan pada permukaan membran sehingga dapat mengurangi *fouling* dan meningkatkan fluks pada membran (Li dkk., 2018). Kemudian, analisis struktur mikro permukaan

membran dilakukan dengan pengamatan *scanning electron microscope*, sifat mekanis membran dilakukan pengujian tarik, serta kinerja proses penyaringan air pada membran dilakukan pengujian *clean water permeability*.

2. BAHAN DAN METODA

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan seperti pada diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengujian yang menunjukkan karakteristik seperti struktur mikro permukaan, sifat mekanik, dan kinerja penyaringan air pada membran dari material berbahan Polyethersulfone (PES), N,N-Dimethylformamide (DMF), dan Perak Nitrat (AgNO_3) dengan modifikasi permukaan melalui metode *electric field* dengan arus DC 15000V. Terdapat 3 sampel membran campuran antara PES dengan variasi konsentrasi AgNO_3 yaitu 1,5wt%, 2wt%, 2,5wt%. Setiap sampel dilakukan pengujian tarik dengan menggunakan alat *Digital Force Gauge* untuk menganalisa sifat mekanis dari *membrane*. Pengujian kinerja pengolahan air menggunakan *Clean Water Permeability* (CWP) bertujuan untuk mengetahui fluks yang berhasil tersaring oleh membran dan mengidentifikasi ketahanan membran ketika pengoperasian. Pengamatan struktur mikro permukaan membran menggunakan analisis menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

3.1 PENGUJIAN TARIK

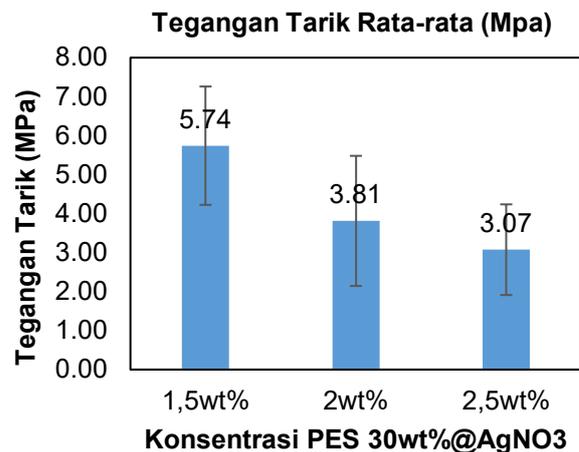
Pengujian tarik pada membran polimer Polyethersulfone (PES) dengan zat penguat Perak Nitrat (AgNO_3) menggunakan standar ASTM D 638 type IV: 2008 *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. Digital Force Gauge* merupakan alat pengujian tarik pada pengujian ini yang berada di Universitas Sriwijaya. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan material dengan cara memberikan gaya tarik pada sampel dan mengukur hasilnya terhadap gaya tersebut. Pengujian tarik pada membran PES@ AgNO_3 dilakukan guna mengetahui dan menganalisa ketahanan serta kemampuan dari membran tersebut dalam menahan beban tarik yang diberikan. Pengujian tarik dilakukan dengan berbagai variasi konsentrasi membran yang telah ditentukan yaitu AgNO_3 (1,5wt%, 2wt%, dan 2,5wt%) dengan masing-masing dilakukan 3 kali pengujian untuk mendapatkan hasil yang terbaik.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tarik

Konsentrasi (PES@ AgNO_3)	Sampel	Beban Tarik (N)	Luas Membran (mm^2)	Tegangan Tarik (N/mm^2)	Rata-rata (MPa)	Std. Deviasi (MPa)
1,5wt%	A1	13	3,6	3,61	5,74	1,53
	A2	24,1	4,2	5,74		
	A3	29,5	4,2	7,02		
2wt%	B1	26,4	4,2	6,28	3,81	1,67
	B2	9,6	3,6	2,67		
	B3	9,9	3	3,3		
2,5wt%	C1	6,6	3	2,2	3,07	1,16
	C2	18,7	4,2	4,45		
	C3	7,3	3,6	2,03		

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi AgNO_3 yang ditambahkan dalam campuran membran PES@ AgNO_3 maka akan berbanding terbalik dengan hasil nilai tegangan tarik yang diperoleh. Pada konsentrasi awal AgNO_3 yaitu 1,5wt% dapat meningkatkan kekuatan tarik pada membran, hal ini dikarenakan adanya ikatan koordinat yang membentuk struktur kompleks polimer sehingga meningkatkan kekuatan antar rantai polimer. Namun, seiring peningkatan kandungan AgNO_3 di atas nilai tertentu menyebabkan struktur membran yang dihasilkan menjadi lebih rapuh dan memiliki kekuatan tarik yang rendah, hal ini dikarenakan peningkatan kandungan AgNO_3 yang berlebihan akan mengakibatkan peningkatan jumlah partikel perak yang terbentuk pada campuran membran sehingga menghasilkan larutan dengan densitas yang lebih tinggi dan kurang reaktif pada saat

proses pelarutan sehingga susunan partikel yang tersebar dalam larutan menjadi kurang merata. Penyebaran susunan partikel yang kurang merata mengakibatkan membran memiliki ikatan pori yang lemah karena penyebaran pori juga menjadi tidak merata dan terdapat aglomerasi pada membran sehingga saat dilakukan pengujian tarik membran menjadi lebih mudah patah (Fathanah dkk., 2019; Lee dkk., 2014).

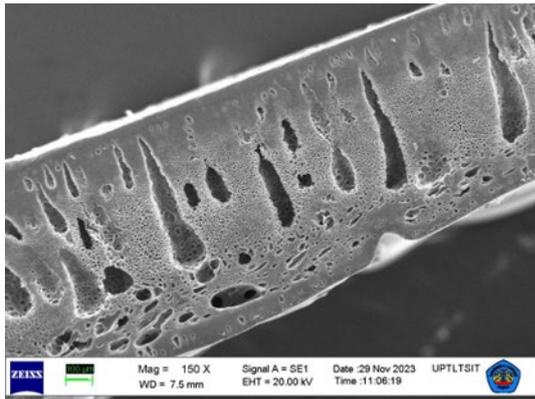


Gambar 2. Grafik Tegangan Tarik

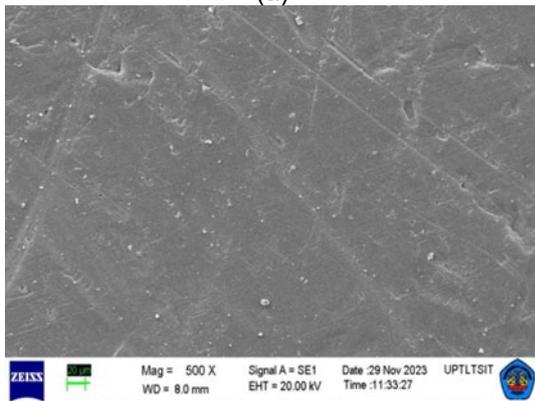
Berdasarkan gambar 2 dapat diamati bahwa ketiga sampel pengujian membran PES dengan campuran AgNO_3 pada konsentrasi yang berbeda-beda yakni 1,5wt%, 2wt%, dan 2,5wt% menunjukkan seiring dengan naiknya konsentrasi campuran, kekuatan tarik membran atau kemampuan membran untuk menahan beban cenderung menurun, di mana membran PES@ AgNO_3 dengan konsentrasi 1,5wt% memiliki nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi yaitu 5,74206 MPa, kemudian nilai kekuatan tarik rata-rata terendah terdapat pada membran PES@ AgNO_3 dengan konsentrasi 2,5wt% yaitu 3,07 MPa, sedangkan konsentrasi 2wt% memiliki nilai kekuatan tarik rata-rata yaitu 3,81 MPa.

3.2 PENGAMATAN SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM)

Pengamatan *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang bertujuan untuk melihat struktur mikro seperti bentuk, ukuran pori serta tekstur dari seratserat yang terbentuk pada membran. Pengamatan pada membran *Polyethersulfone* (PES) dengan variasi konsentrasi campuran Perak Nitrat (AgNO_3) yaitu 1,5wt%, 2wt%, dan 2,5wt% melalui modifikasi penambahan medan listrik arus 15000V yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini, (a) *Cross-section* (b) Struktur permukaan.

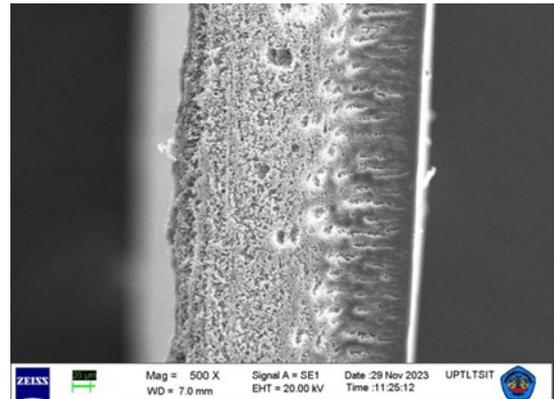


(a)

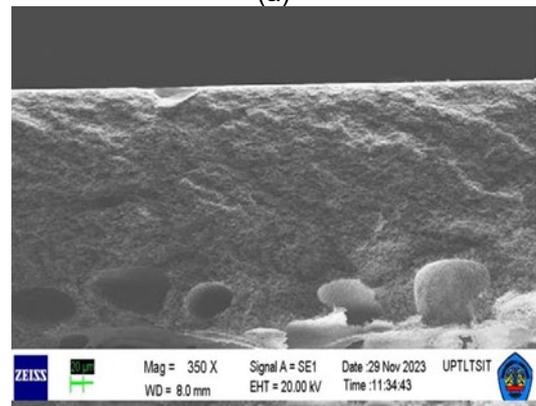


(b)

Gambar 3 . Hasil SEM Membran PES 30wt% @AgNO₃ 1,5wt%

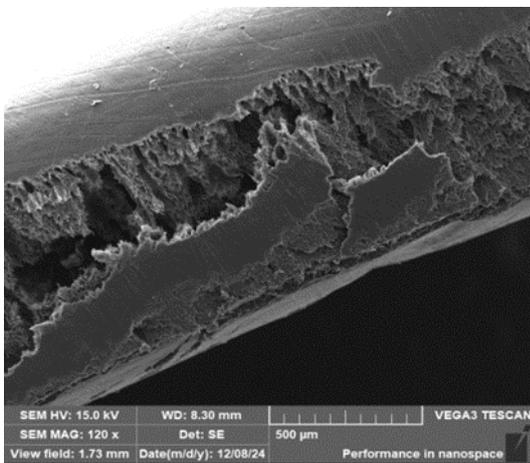


(a)

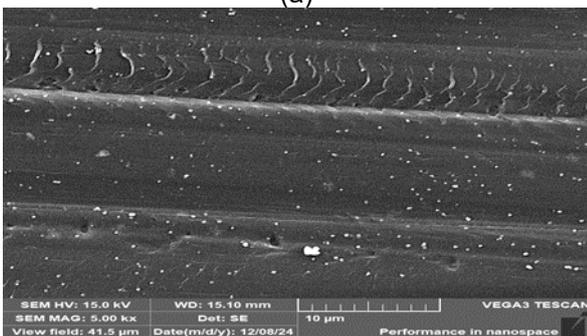


(b)

Gambar 5. Hasil SEM Membran PES 30wt%@AgNO₃ 2,5wt%



(a)



(b)

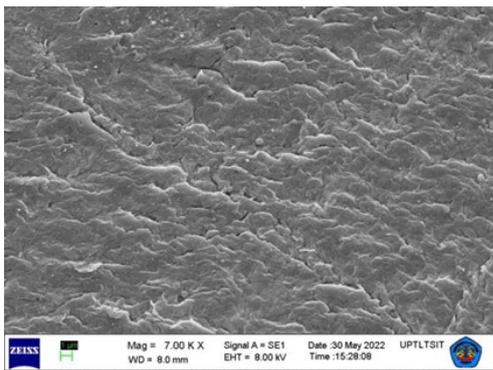
Gambar 4. Hasil SEM Membran PES 30wt% @AgNO₃ 2wt%

Berdasarkan gambar dari hasil pengamatan SEM di atas terlihat jelas perbedaan morfologi membran yang tampak dari ketiga variasi konsentrasi campuran, di mana membran memiliki struktur seperti jari dan spons dengan rongga (Garcia-Ivars dkk., 2014) serta terdapat aglomerasi yang berbeda-beda pada permukaan di masing-masing konsentrasi. Pada Gambar 3, PES@AgNO₃ untuk konsentrasi 1,5wt% menunjukkan permukaan membran yang lebih halus, penyebaran pori yang merata atau peningkatan porositas, dan ukuran pori yang lebih besar, serta tidak terlalu banyak terdapat aglomerasi pada permukaan. Pada Gambar 4, untuk konsentrasi campuran membran 2wt% menunjukkan permukaan membran yang hampir sama seperti konsentrasi 1,5wt%, namun mulai tampak peningkatan aglomerasi yang tersebar pada permukaan, penyebaran pori yang kurang merata, dan mulai terjadi penyempitan pori. Kemudian, seiring peningkatan konsentrasi campuran dapat terlihat pada Gambar 5, membran PES@AgNO₃ konsentrasi 2,5wt% menunjukkan adanya pembentukan pori yang terhambat dikarenakan terdapat peningkatan aglomerasi yang signifikan, hal ini mengakibatkan permukaan membran lebih kasar dengan penyebaran pori yang sangat tidak merata sehingga membran mengalami penurunan porositas, memiliki ikatan pori yang lemah, dan ukuran pori cenderung lebih mengecil

karena tertutup oleh aglomerasi. Aglomerasi ini sangat berpengaruh pada membran dalam menahan beban, karena gumpalan yang ada di membran tersebut akan mempengaruhi konsentrator tegangan pada saat dilakukannya pengujian tarik dan penyaringan air.

Hasil pengamatan SEM ini berbanding lurus dengan hasil Pengujian Tarik dan *Clean Water Permeability* (CWP), di mana semakin bertambahnya konsentrasi AgNO_3 yang dicampurkan pada larutan membran mengakibatkan peningkatan jumlah partikel perak yang terbentuk pada larutan membran sehingga susunan partikel yang tersebar dalam larutan pada saat pengadukan bahan pembuatan membran menjadi kurang merata yang memicu timbulnya aglomerasi dan penyebaran pori yang tidak merata. Oleh karena itu, seiring peningkatan konsentrasi AgNO_3 maka hasil nilai yang didapatkan dari pengujian tarik dan CWP akan semakin menurun.

Modifikasi perlakuan medan listrik DC 15000V pada proses pencetakan membran membantu larutan campuran membran PES@AgNO_3 meregang sehingga terbentuk pori-pori pada membran (Saulis, 2010). Penambahan medan listrik menghasilkan peningkatan permeabilitas yang drastis karena munculnya pori-pori di membran (Angersbach dkk., 2000; Rems dkk., 2020), membran yang memiliki larutan dengan densitas dan viskositas yang cukup akan terbentuk pori yang sempurna. Sebaliknya, larutan dengan densitas yang tinggi akan sulit diregang sehingga efek dari perlakuan medan listrik tidak terlihat secara signifikan, hal ini memicu terjadinya aglomerasi yang mengakibatkan penurunan porositas, dan penyumbatan pori pada membran.



Gambar 6. Hasil SEM Membran PES@AgNO_3 1,5wt% Tanpa Penambahan *Electric Field*

Dapat dilihat bahwa pada Gambar 6, membran PES@AgNO_3 1,5wt% tanpa penambahan medan listrik memiliki bentuk permukaan yang tidak beraturan dan lebih kasar serta terdapat aglomerasi yang tersebar di seluruh permukaan membran jika dibandingkan dengan membran PES@AgNO_3 konsentrasi 1,5wt% yang dilakukan perlakuan medan listrik.

3.3 KINERJA CLEAN WATER PERMEABILITY (CWP)

Pembentukan membran antara polimer *Polyethersulfone* (PES) dengan variasi konsentrasi campuran Perak Nitrat (AgNO_3) yang telah ditentukan yaitu 1,5wt%, 2wt%, dan 2,5wt% dilakukan untuk menganalisis kinerja pengolahan air. Analisis kinerja pengolahan air dari membran PES@AgNO_3 , digunakan metode *Clean Water Permeability* (CWP) pada masing-masing konsentrasi membran yang dilakukan sebanyak 3 kali pengujian pada tekanan 2 bar selama 0,5 jam pada suhu lingkungan, dengan luasan membran 0,001809 m^2 menggunakan *system dead-end*. Hasil pengujian CWP pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Perhitungan Nilai Fluks Membran PES 30wt% @AgNO_3 1,5wt%

Sa mpe l	Volu me Perm eat (L)	Luas Memb ran (m^2)	Wak tu (h)	Teka nan (bar)	Fluks ($\text{L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{bar}^{-1}$)	Std. Deviasi ($\text{L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{bar}^{-1}$)
B1	0,003	0,001	0,5	2	1,93	0,22
B2	0,003	0,001	0,5	2	1,65	
B3	0,002	0,001	0,5	2	1,49	
Rata-rata					1,69	

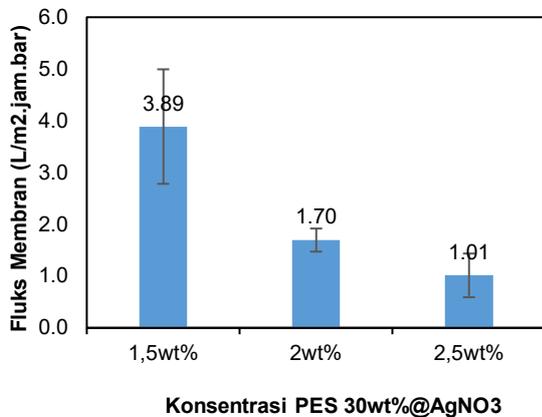
Tabel 3. Perhitungan Nilai Fluks Membran PES 30wt% @AgNO_3 2wt%

Sa mpe l	Volu me Perm eat (L)	Luas Memb ran (m^2)	Wak tu (h)	Teka nan (bar)	Fluks ($\text{L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{bar}^{-1}$)	Std. Deviasi ($\text{L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{bar}^{-1}$)
B1	0,003	0,001	0,5	2	1,93	0,22
B2	0,003	0,001	0,5	2	1,65	
B3	0,002	0,001	0,5	2	1,49	
Rata-rata					1,69	

Tabel 4. Perhitungan Nilai Fluks Membran PES 30wt% @AgNO_3 2,5wt

Sa mpe l	Volume Permeat (L)	Luas Memb ran (m^2)	Wa ktu (h)	Teka nan (bar)	Fluks ($\text{L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{bar}^{-1}$)	Std. Deviasi ($\text{L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{bar}^{-1}$)
C1	0,001	0,001	0,5	2	0,55	0,42
C2	0,002	0,001	0,5	2	1,105	
C3	0,0025	0,001	0,5	2	1,381	
Rata-rata					1,013	

Berikut hasil pengujian dari ketiga konsentrasi membran yang disajikan pada grafik nilai fluks membran berikut:



Gambar 7. Grafik Nilai Fluks Membran PES@AgNO₃

Berdasarkan Gambar 7 dapat diamati bahwa terdapat penurunan signifikan hasil fluks pada variasi komposisi membran, di mana saat konsentrasi campuran membran PES@AgNO₃ 1,5wt% didapatkan nilai fluks tertinggi mencapai 3,88 L.m⁻².h⁻¹.bar⁻¹, berbanding terbalik dengan semakin bertambahnya konsentrasi campuran membran yakni 2,5wt% didapatkan nilai fluks terendah yaitu 1,013 L.m⁻².h⁻¹.bar⁻¹, sedangkan konsentrasi 2wt% memiliki nilai fluks yaitu 1,69 L.m⁻².h⁻¹.bar⁻¹.

Penurunan fluks pada variasi konsentrasi membran PES@AgNO₃ 2,5wt% ini selaras dengan penelitian (Chen dkk., 2013; Said dkk., 2018) yang menyatakan bahwa semakin tinggi kandungan AgNO₃ yang terdapat pada campuran suatu membran mengakibatkan peningkatan jumlah dan ukuran partikel perak yang terbentuk pada membran. Peningkatan jumlah partikel perak dapat menghasilkan larutan dengan densitas atau kerapatan yang lebih tinggi, hal ini berpengaruh pada penyebaran partikel atau pengadukan bahan pembuatan membran menjadi kurang merata yang mengakibatkan terjadinya penggumpalan (aglomerasi) pada permukaan membran sehingga terjadi penurunan porositas dan ukuran pori yang terbentuk, serta memicu pemblokiran pori yang berpengaruh terhadap nilai fluks yang dihasilkan. Penurunan fluks pada konsentrasi membran PES@AgNO₃ yaitu 2wt% dan 2,5wt% ini menunjukkan bahwa pencampuran antara polimer PES dan zat penguat AgNO₃ dengan konsentrasi tersebut termasuk gagal dalam meningkatkan sifat hidrofilisitas dari membran. Membran PES rentan terhadap *fouling* dan *fluks* yang rendah dan hidrofilisitas merupakan salah satu sifat yang harus dimiliki oleh membran filtrasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembentukan membran campuran polimer *Polyethersulfone* (PES) dengan variasi konsentrasi penambahan zat penguat Perak Nitrat (AgNO₃) memperlihatkan hasil yang cukup optimal sebagai alternatif membran penyaringan air.
2. Membran campuran *Polyethersulfone* (PES) dan Perak Nitrat (AgNO₃) dilakukan Pengujian Tarik dengan standar pengujian ASTM D 638 Type IV menggunakan alat *Digital Force Gauge*, didapatkan PES@AgNO₃ dengan konsentrasi 1,5wt% memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu 5,74206 MPa, kemudian nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada membran PES@AgNO₃ dengan konsentrasi 2,5wt% yaitu 3,07480 MPa, sedangkan konsentrasi 2wt% memiliki nilai kekuatan tarik yaitu 3,81310 MPa.
3. Pengamatan *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada membran campuran PES dan AgNO₃ diperoleh hasil yang berbanding lurus dengan hasil pengujian tarik dan *clean water permeability* (CWP), dimana semakin tinggi kandungan AgNO₃ dalam campuran larutan membran mengakibatkan penyebaran pori yang tidak merata sehingga membran memiliki struktur ikatan pori yang lemah, terjadi penurunan porositas dan ukuran pori, serta memicu pemblokiran pori oleh aglomerasi yang kemudian berdampak pada nilai kekuatan tarik dan fluks pada membran yang mengalami penurunan.
4. Kinerja *Clean Water Permeability* (CWP) untuk pengolahan air memperlihatkan terdapat penurunan signifikan hasil fluks pada variasi komposisi membran, dimana saat konsentrasi campuran membran PES@AgNO₃ 1,5wt% didapatkan nilai fluks tertinggi mencapai 3,88797 L.m⁻².h⁻¹.bar⁻¹, berbanding terbalik dengan semakin bertambahnya konsentrasi campuran membran yakni 2,5wt% didapatkan nilai fluks terendah yaitu 1,01345 L.m⁻².h⁻¹.bar⁻¹, sedangkan konsentrasi 2wt% memiliki nilai fluks yaitu 1,69523 L.m⁻².h⁻¹.bar⁻¹.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada dana DIPA BLU Universitas Sriwijaya dengan dana penelitian pengabdian kepada Masyarakat 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Angersbach, A., Heinz, V., Knorr, D., 2000. *Effects of pulsed electric fields on cell membranes in real food systems*, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*.
[https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(00\)00010-2](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(00)00010-2)
- Barth, C., Gonçalves, M.C., Pires, A.T.N., Roeder, J., Wolf, B.A., 2023. *Asymmetric polysulfone and polyethersulfone membranes: effects of thermodynamic conditions during formation on their performance*, *Journal of Membrane Science*. [https://doi.org/10.1016/S0376-7388\(99\)00344-0](https://doi.org/10.1016/S0376-7388(99)00344-0)
- Chen, Y., Dang, J., Zhang, Y., Zhang, H., Liu, J., 2023. *Preparation and antibacterial property of PES/AGNO₃ three-bore hollow fiber ultrafiltration membranes*. *Water Science and Technology* 67, 1519–1524.
<https://doi.org/10.2166/wst.2013.023>
- EPA, 2000. N,N-Dimethylformamide 68-12-2. N,N-Dimethylformamide 68-12-2. United states environmental protection, (1), Pp.1–4 1, 1–4.
- Madaeni, S.S., Zinadini, S., Vatanpour, V., 2011. *A new approach to improve antifouling property of PVDF membrane using in situ polymerization of PAA functionalized TiO₂ nanoparticles*. *Journal of Membrane Science* 380, 155–162.
<https://doi.org/10.1016/j.memsci.2011.07.006>
- Idris, NM Zain - *Jurnal Teknologi*, 2006 Effect of heat Treatment on The Performance and Structural Details of Polyethersulfurone Ultrafiltration Membranes
- Mohammadnezhad, Mostafa Feyzi, Sirus Zinadini, 2019. *A novel Ce-MOF/PES mixed matrix membrane; synthesis, characterization and antifouling evaluation*.
<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.09.032>
- Peters, T., 2020. *Membrane technology for water treatment*. *Chemical Engineering and Technology*.
<https://doi.org/10.1002/ceat.201000139>
- Prastowo, B.A., 2008. *Pembuatan Membran Dari Selulosa Asetat Dan Polietilen Glikol Berat Molekul 20.000 Untuk Pemisahan Gas CO₂ Dan CH₄*. *Revista de Trabajo Social* 11, 23–26.
- Saulis, G., 2020. *Electroporation of cell membranes: The fundamental effects of pulsed electric fields in food processing*. *Food Engineering Reviews* 2, 52–73.
<https://doi.org/10.1007/s12393-010-9023-3>
- S Jalil, AF Ismail, S Hashim - *Jurnal Teknologi*, 2004 Preparation and characterization of polyethersulfone hollow fiber nanofiltration membranes made from PES/NMP/PEG 400/WATER
- Wenten, I.G., 2002. *Recent development in membrane science and its industrial applications*. *Journal of Science and Technology* 24, 1009–1024.
- Xu, Z.L., Qusay, F.A., 2024. *Polyethersulfone (PES) hollow fiber ultrafiltration membranes prepared by PES/non-solvent/NMP solution*. *Journal of Membrane Science* 233, 101–111.
<https://doi.org/10.1016/j.memsci.2004.01.005>
- Zhao, C., Xue, J., Ran, F., Sun, S., 2013. *Modification of polyethersulfone membranes - A review of methods*. *Progress in Materials Science*.
<https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2012.07.002>
- Zhao, S., Yan, W., Shi, M., Wang, Z., Wang, J., Wang, S., 2023. *Improving permeability and antifouling performance of polyethersulfone ultrafiltration membrane by incorporation of ZnO-DMF dispersion containing nano-ZnO and polyvinylpyrrolidone*. *Journal of Membrane Science* 478, 105–116.
<https://doi.org/10.1016/j.memsci.2014.12.050>
- Zulfi, F., Dahlan, K., Sugita, P., 2014. *Karakteristik Fluks Membran Dalam Proses Filtrasi Limbah Cair Industri Pelapisan Logam*. *Jurnal Biofisika* 10, 19–29.