



Modifikasi Membran *Polyethersulfone* dengan Penambahan Nanopartikel $Mg(OH)_2$ dalam Pelarut *Dimethyl Sulfoxide*

Umi Fathanah*, Fachrul Razi, Mirna Rahmah Lubis, Mukramah Yusuf, Yanna Syamsuddin, Hesti Meilina, Syawaliah Muchtar, Suraiya Kamaruzzaman, Aula Khairunnisa

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia

*Corresponding author: umifathanah@unsyiah.ac.id

DOI: 10.20961/alchemy.18.2.58248.165-173

Received 07 January 2022, Accepted 14 June 2022, Published 30 September 2022

Kata kunci:

$Mg(OH)_2$;
permeabilitas air;
polyethersulfone(PES);
rejeksi.

ABSTRAK. Membran *polyethersulfone* (PES) bersifat hidrofobik yang memiliki ketahanan rendah terhadap sifat fouling. Fouling pada membran mengakibatkan penurunan kinerja membran selama proses operasi. Oleh karena itu, modifikasi membran perlu dilakukan untuk meningkatkan sifat hidrofilik membran. Pada penelitian ini modifikasi dilakukan dengan penambahan nanopartikel $Mg(OH)_2$ yang bersifat tidak beracun, murah, dan mudah diperoleh. Penambahan aditif nanopartikel $Mg(OH)_2$ pada membran PES dilakukan dengan cara pencampuran polimer dengan metode *non solvent induced phase separation* (NIPS) menggunakan pelarut *dimethyl sulfoxide* (DMSO). DMSO merupakan pelarut polar aprotik yang dapat melarutkan senyawa organik maupun anorganik dengan baik. DMSO juga merupakan pelarut yang tidak beracun, sehingga lebih aman dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan membran PES hidrofilik dengan penambahan nanopartikel $Mg(OH)_2$ dengan unjuk kerja terbaik. Pengaruh penambahan nanopartikel $Mg(OH)_2$ dalam sistem membran dievaluasi dengan menganalisis perubahan struktur kimia PES menggunakan ATR-FTIR, perubahan morfologi menggunakan SEM, porositas menggunakan metode gravimetri, serta pengujian kinerja (permeabilitas dan rejeksi) membran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan nanopartikel $Mg(OH)_2$, mengakibatkan perubahan pada struktur atau morfologi membran PES, yang berpengaruh terhadap peningkatan permeabilitas membran. Penambahan nanopartikel $Mg(OH)_2$ juga meningkatkan porositas membran dari 12% – 40%. Kehadiran gugus hidroksil ($-OH$) dalam matriks membran dikonfirmasi dengan uji FTIR. Kinerja membran optimum diperoleh pada nilai permeabilitas air sebesar $56,4 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$, dengan rejeksi asam humus sebesar 61%.

Keywords:

$Mg(OH)_2$;
water permeability;
polyethersulfone(PES);
rejection.

ABSTRACT. Modification of Polyethersulfone Membrane with the Addition of $Mg(OH)_2$ Nanoparticles in Dimethyl Sulfoxide Solvent. Polyethersulfone (PES) membrane has hydrophobic characteristics and low resistance to fouling properties. The fouling on the membrane results in a decrease in the performance of the membrane during the operation process. Therefore, membrane modification needs to be done to increase the hydrophilic properties of the membrane. In this study, modifications were made by adding $Mg(OH)_2$ nanoparticles which are non-toxic, inexpensive, and easy to obtain. The addition of $Mg(OH)_2$ nanoparticle additives to PES membranes was carried out by blending polymers with the non-solvent induced phase separation (NIPS) method using dimethyl sulfoxide (DMSO) as solvent. DMSO is an aprotic polar solvent that can dissolve both organic and inorganic compounds well. DMSO is also a non-toxic solvent, making it safer and more environmentally friendly. This study aims to produce a hydrophilic PES membrane with the addition of $Mg(OH)_2$ nanoparticles with the best performance. The effect of adding $Mg(OH)_2$ nanoparticles in the membrane system was evaluated by analyzing changes in the chemical structure of PES using ATR-FTIR, morphological changes using SEM, porosity using the gravimetric method, and testing the performance (permeability and rejection) of the membrane. The results showed that the addition of $Mg(OH)_2$ nanoparticles resulted in changes in the structure or morphology of the PES membrane, which affected the increase in membrane permeability. The addition of $Mg(OH)_2$ nanoparticles also increased the porosity of the membrane from 12% to 40%. The presence of hydroxyl groups ($-OH$) in the membrane matrix was confirmed by FTIR analysis. The optimum membrane performance was obtained at the water permeability value of $56.4 \text{ L/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{bar}$ with 61% rejection of humic acid.

PENDAHULUAN

Sistem pemisahan menggunakan membran telah diaplikasikan secara luas di bidang industri pengolahan air sebagai pengganti sistem pengolahan air konvensional. Dalam hal ini dipilih membran sebagai media filtrasi dikarenakan membran memiliki berbagai kelebihan, diantaranya yaitu hemat energi, fluks dan selektifitas yang

tinggi, mudah di *scale up* serta mudah dioperasikan. Proses membran memiliki prospek yang menjanjikan karena tergolong sebagai sistem teknologi membran ramah lingkungan, yaitu tidak menggunakan bahan kimia tambahan dalam sistem operasinya, sehingga lebih aman terhadap kesehatan. Permasalahan terbesar dalam teknologi membran adalah terjadinya *fouling*, yang pada akhirnya akan menurunkan kinerja membran. *Fouling* adalah polarisasi konsentrasi atau deposisi konsentrasi partikel pada permukaan atau pada pori-pori membran. Partikulat yang terdeposisi antara lain makromolekul, koloid, mikroorganisme dan garam. Deposisi partikulat pada permukaan membran akan membentuk suatu lapisan gel. Selanjutnya lapisan gel yang terbentuk ini akan memperbesar lapisan resistensi total membran. *Fouling* ini ada yang bersifat dapat balik (*reversible*) atau tidak dapat balik (*irreversible*). *Fouling* akan menyebabkan tersumbatnya pori-pori membran sehingga menurunkan fluks permeasi air selama proses operasi pada membran (Rahimpour, 2011). Diketahui bahwa, hidrofobisitas membran menyebabkan *fouling* karena non-spesifik *solute adhesion* pada permukaan membran. *Fouling* pada membran oleh berbagai mekanisme termasuk pemblokiran pori dan pembentukan *cake* yang dapat menimbulkan penurunan fluks karena resistensi ekstra terhadap pengangkutan bahan yang diinginkan (Zhang *et al.*, 2018). *Fouling* akan menyebabkan penurunan kinerja membran secara terus menerus, dimana penurunan kinerja ini merupakan fungsi dari waktu.

Beberapa bahan polimer yang biasa digunakan pada pembuatan membran antara lain *polyvinylidene fluoride* (PVDF), *polyvinyl alcohol* (PVA) dan *polyethersulfone* (PES). PES dengan struktur berulang yang berhubungan dengan sulfon dan gugus eter yang bergantian diantara gugus benzen. Keunikan struktur molekul PES ini menyebabkan PES memiliki beberapa keunggulan seperti stabilitas termal yang tangguh serta memiliki resistensi terhadap asam mineral (Huang *et al.*, 2015). Pembuatan membran menggunakan polimer PES untuk proses pengolahan air telah dilaporkan yaitu pada proses mikrofiltrasi (Ghandashtani *et al.*, 2015), ultrafiltrasi (Said *et al.*, 2015), nanofiltrasi (Wang *et al.*, 2015), dan osmosa balik (Kim *et al.*, 2011). Selain beberapa keunggulan yang dimiliki, PES juga memiliki kekurangan yaitu sifat hidrofobisitas yang tinggi, menyebabkan membran PES mudah mengalami *fouling*. Peningkatan hidrofilitas membran PES dapat dilakukan dengan modifikasi dalam proses pembuatannya.

Beberapa teknik telah digunakan untuk mengurangi terjadinya *fouling*, diantaranya adalah *grafting*, *coating* dan *blending* polimer. Modifikasi membran dapat dilakukan dengan penambahan polimer aditif lainnya, salah satunya dengan menambahkan aditif hidrofilik. Nanopartikel $Mg(OH)_2$ termasuk ke dalam senyawa anorganik yang memiliki sifat alami yang unik dan memiliki banyak sifat yang menguntungkan serta aplikasinya yang praktis. Pada penggunaan metal nanopartikel, faktor kunci yang mempengaruhi interaksi membran nanopartikel bergantung pada sifat permukaannya, di mana semakin luas permukaan spesifik nanopartikel, maka kereaktifan terhadap sifat *fouling* membran akan semakin meningkat. $Mg(OH)_2$ dibedakan berdasarkan aktivitas antibakterial (memberi ketahanan terhadap *fouling*), sifat tidak beracun dan memiliki kestabilan termal. Hal-hal tersebut dapat mengurangi sifat mudah terbakar pada membran, sehingga $Mg(OH)_2$ banyak digunakan dan diaplikasikan secara luas pada penelitian. $Mg(OH)_2$ sering digunakan pada berbagai produk yang memiliki sifat penting. Aplikasi penggunaan $Mg(OH)_2$ tersebar luas di berbagai bidang seperti pada industri kertas, pengurangan logam berbahaya pada air buangan, sebagai *catalyzer*, antibakteri, aditif pada pembuatan membran dan sebagai pemadam api (Yousefi *et al.*, 2017).

Pada penelitian ini modifikasi pada preparasi membran dilakukan melalui *blending* dengan teknik inversi fasa yaitu mencampurkan polimer PES dan nanopartikel $Mg(OH)_2$ yang dilarutkan dalam DMSO sebagai pelarut, dengan menggunakan air sebagai non pelarut pada proses solidifikasi membran. DMSO merupakan pelarut polar aprotik yang mampu melarutkan senyawa organik maupun anorganik. Dilaporkan juga bahwa DMSO adalah pelarut yang tidak beracun sehingga lebih aman bagi kesehatan serta lebih ramah lingkungan (Marino *et al.*, 2019)

Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi membran PES dengan penambahan nanopartikel $Mg(OH)_2$, menggunakan pelarut DMSO untuk mendapatkan kinerja terbaik. Karakteristik membran yang dievaluasi meliputi gugus fungsi, struktur morfologi dan porositas membran. Selanjutnya parameter kinerja membran dilakukan dengan menghitung permeabilitas dan selektifitas membran.

METODE PENELITIAN

PES (MW 65000, *Ludwigshafen, Germany*) digunakan sebagai polimer utama. *Dymetilsulfoxide* (DMSO) (*Merck, Hohenbrun, Germany*) digunakan sebagai pelarut, nanopartikel $Mg(OH)_2$ ukuran 20 – 30 nm diperoleh dari Xinglu Chemical Tech Co, China, *humic acid* dibeli dari *Sigma Aldrich, Germany* yang dipakai sebagai model

foulant, serta akuades dipakai untuk *non solvent* (non pelarut) pada proses solidifikasi membran. Adapun peralatan yang digunakan berupa plat kaca, peralatan gelas, serta satu set peralatan modul membrane tipe *dead end filtration*.

Pembuatan Membran

PES (18% berat) dan nanopartikel Mg(OH)₂ dengan konsentrasi masing-masing sebesar 0,2%; 0,6%; 1%; 2%, 3% dan 4% berat dari total berat larutan seluruhnya adalah 100%. Kemudian PES dan nanopartikel Mg(OH)₂ dilarutkan ke dalam pelarut DMSO dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sampai homogen (selanjutnya disebut sebagai larutan *casting*). Komposisi masing-masing larutan *casting* dapat dilihat pada [Tabel 1](#). PES, nanopartikel Mg(OH)₂ dan pelarut dimasukkan dalam sebuah erlemeyer dan diaduk hingga homogen pada suhu kamar. Setelah homogen, larutan dilakukan aglomerisasi dengan memasukkan larutan tersebut dalam sonikator selama 30 menit. Kemudian dicetak diatas plat kaca dan direndam dalam bak koagulasi hingga proses solidifikasi membran tercapai yang dilakukan pada suhu ruang dan tekanan 1 atm. Selanjutnya dicetak diatas plat kaca dan direndam dalam bak koagulasi hingga proses solidifikasi membran tercapai. Selanjutnya membran disimpan untuk diuji dan dilakukan karakterisasi.

Tabel 1. Komposisi larutan *casting* membran.

Kode Membran	PES (%)	Mg(OH) ₂ (%)	DMSO (%)
P-M0	18	0	82
P-M0,2	18	0,2	81,8
P-M0,6	18	0,6	81,4
P-M1	18	1	81
P-M2	18	2	80
P-M3	18	3	79
P-M4	18	4	78

Karakterisasi Membran

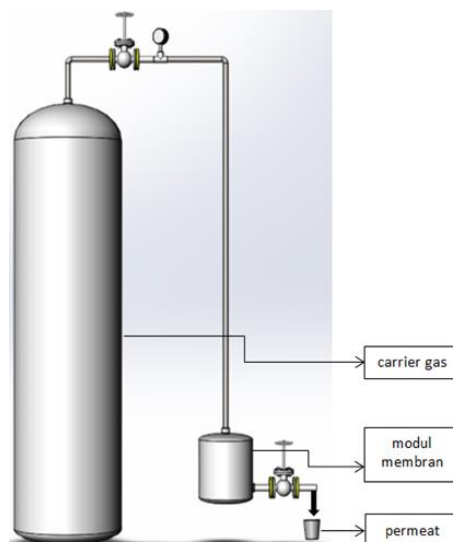
Membran yang dihasilkan selanjutnya dianalisa gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (*Thermo Scientific iD5 ATR-Nicolet iS5 FTIR Spectrophotometer*, Jepang), analisa perubahan morfologi menggunakan *scanning electron microscope* (FE-SEM, JSF-7500F, Jeol Co. Ltd, Jepang), serta porositas dengan metode gravimetri. Pengukuran porositas dilakukan dengan mengkondisikan sampel dengan ukuran tertentu, yang dilanjutkan dengan mengukur berat membran dalam kondisi basah (ω_w) dan kondisi kering (ω_d). Pengeringan membran dilakukan dengan memanaskan sampel dalam oven pada temperatur 80 °C selama 24 jam. Selanjutnya porositas (ϵ) membran dapat dihitung menggunakan [Persamaan 1](#) ([Huang *et al.*, 2017](#)).

$$\epsilon = \frac{(\omega_w - \omega_d)}{\rho \times A \times l} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan: ω_w adalah fraksi berat basah (g); ω_d adalah fraksi berat kering (g); ρ adalah densitas air (1 g/cm³); A adalah luas permukaan membran (cm²); dan l adalah ketebalan (cm) dari sampel membran.

Kinerja Membran Ultrafiltrasi

Performa (kinerja) membran dilakukan dengan mengalirkan air murni sebagai umpan pada modul membran tipe *dead end filtration* dengan mengukur permeabilitas air murni (PWP). Skema modul membran tipe *dead end filtration* disajikan pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. Skema modul membran tipe *dead end filtration*.

Selanjutnya [Persamaan 2](#) digunakan untuk menghitung permeabilitas air (PWP), ([Mulder, 1991](#)).

$$PWP = \frac{J}{\Delta p} \quad (2)$$

Keterangan: J adalah fluks air murni (L/m².jam) dan P adalah tekanan pada sistem operasi (bar).

Sedangkan rejeksi atau selektifitas membran diukur dengan melewati larutan asam humus ke dalam modul membran. Asam humus digunakan sebagai model kontaminan senyawa organik didalam air. Larutan asam humus 50 ppm (asam humus 50 mg dilarutkan dalam 1 L akuades) dialirkan ke dalam modul membran *dead end filtration*, pada tekanan 1 bar selama 60 menit. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali pengulangan. Selanjutnya dihitung persen rejeksi dengan menghitung konsentrasi umpan (C_f) dan permeat (C_p) menggunakan menggunakan spektrofotometer UV (Shimadzu UV-100), pada panjang gelombang 219 nm. Rejeksi (R) dihitung menggunakan [Persamaan 3](#), ([Mulder, 1991](#)):

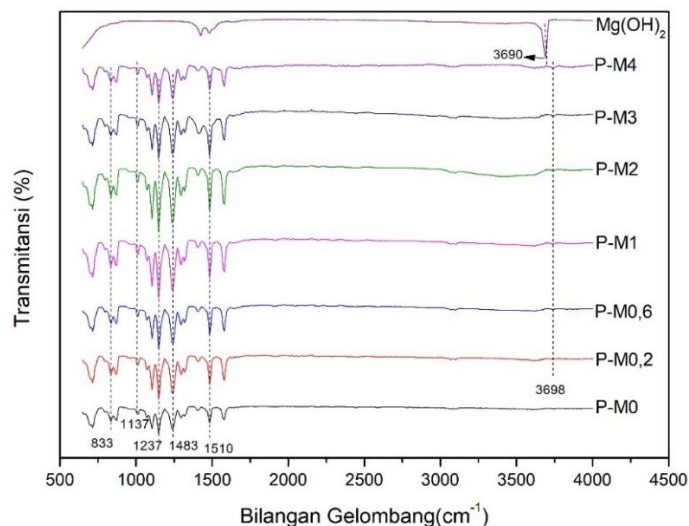
$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan: R adalah nilai rejeksi (%); C_p adalah fraksi komponen yang lolos melewati membran (mg); dan C_f adalah fraksi komponen yang terdapat dalam umpan (mg).

HASIL DAN PEMBAHASAN

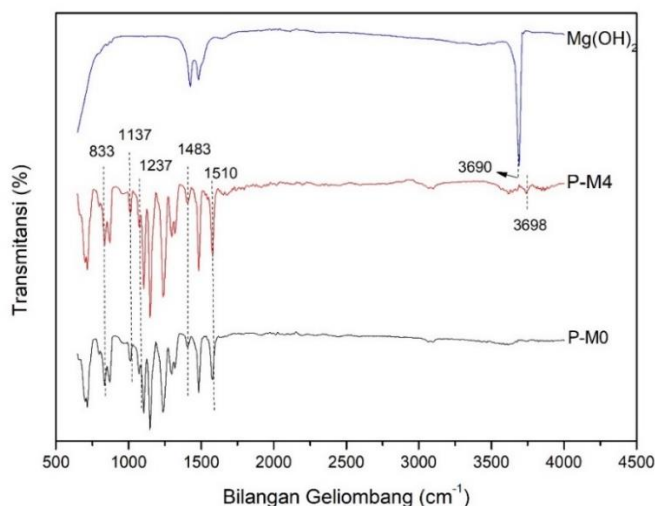
Analisa Gugus Fungsi

Spektrum infra merah (IR) pada membran PES murni (P-M0) dan membran modifikasi ditampilkan pada [Gambar 2](#) dan [Gambar 3](#). Spektrum IR yang diperlihatkan pada [Gambar 2](#), teridentifikasi adanya gugus C–H aromatik pada spektrum panjang gelombang 833 cm⁻¹, sedangkan gugus eter aromatik (C–O–C) terlihat pada spektrum bilangan gelombang 1237 cm⁻¹ serta kelompok gugus cincin aromatic (C=C) yang tajam terlihat pada spektrum bilangan gelombang 1483 cm⁻¹ serta 1510 cm⁻¹. Kelompok gugus sulfon (O=S=O) terdeteksi pada spektrum IR pada bilangan gelombang 1137 cm⁻¹. Kemunculan gugus eter aromatik, cincin aromatik dan sulfon merupakan ciri spesifik dari material polimer PES.



Gambar 2. Spektrum FTIR pada berbagai jenis membran.

Selanjutnya pada membran PES yang dimodifikasi yaitu P-M0,2; P-M0,6; P-M1; P-M2; P-M3; P-M4) menunjukkan spektrum transmisi pada bilangan gelombang 3698 cm^{-1} yang menunjukkan getaran peregangan gugus hidroksil ($-\text{OH}$) yang berasal dari kristal air pada nanopartikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Hal yang sama juga disebutkan oleh peneliti sebelumnya dimana kehadiran $\text{Mg}(\text{OH})_2$ terdeteksi spektrum IR pada bilangan gelombang 3699 cm^{-1} dan 3697 cm^{-1} pada membran yang dimodifikasi menggunakan aditif $\text{Mg}(\text{OH})_2$ pada matriks PVDF (Dong *et al.*, 2017; Dong *et al.*, 2012).



Gambar 3. Spektrum FTIR $\text{Mg}(\text{OH})_2$, membran P-M0, dan P-M4.

Pada Gambar 3, dapat dilihat spektrum transmitansi yang tajam gugus hidroksil ($-\text{OH}$) nanopartikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$ pada bilangan gelombang 3690 cm^{-1} . Spektrum IR juga terlihat jelas pada bilangan gelombang 3698 cm^{-1} yang ditugaskan sebagai regangan vibrasi gugus $-\text{OH}$ pada membran modifikasi dengan penambahan konsentrasi 4% $\text{Mg}(\text{OH})_2$ yang merupakan penambahan konsentrasi aditif tertinggi. Namun pada penambahan konsentrasi aditif yang rendah, spektrum IR lebih lemah sehingga tidak terlihat dengan jelas (Gambar 2). Dapat dinyatakan bahwa blending $\text{Mg}(\text{OH})_2$ pada matrik PES berhasil dilakukan.

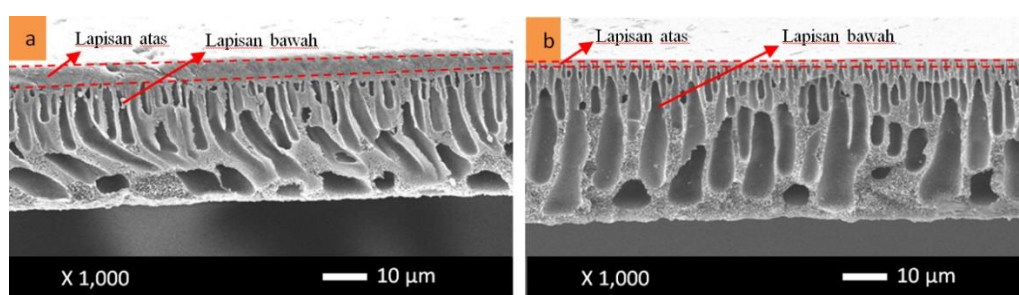
Struktur Morfologi Membran

Struktur morfologi penampang melintang membran diberikan pada Gambar 4, yaitu pada membran tanpa modifikasi atau P-M0 dan P-M2 (representasi gambar untuk membran modifikasi). Analisa morfologi membran bertujuan untuk melihat perubahan struktur morfologi akibat penambahan nanopartikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$ pada membran PES. Secara umum membran PES tanpa modifikasi (P-M0) dan membran yang dimodifikasi dengan penambahan

2% nanopartikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (P-M2) terlihat bahwa kedua membran memiliki struktur asimetrik, di mana terdapat lapisan atas (*dense layer*) sebagai lapisan aktif serta lapisan bawah (*sublayer*) sebagai *support* membran. Hasil ini konsisten dengan temuan yang dilaporkan oleh peneliti Han *et al.*, (2016). Struktur asimetrik yang terdiri dari dua lapisan, di mana lapisan atas dengan komposisi pori yang lebih rapat serta *macrovoid like finger* dengan jelas terbentuk pada bagian lapisan bawah.

Meskipun membran PES tanpa modifikasi (P-M0) dan membran yang dimodifikasi dengan penambahan nanopartikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (P-M2) memiliki morfologi yang serupa (berbentuk asimetris), namun terdapat perbedaan karakteristik khususnya pada ketebalan lapisan atas dan ukuran pori pada lapisan bawah. Perubahan struktur morfologi membran bagian atas pada membran P-M2 terlihat bahwa ketebalan lapisan atas lebih tipis jika dibandingkan dengan membran P-M0. Lapisan atas yang tipis lebih memudahkan air melewati membran.

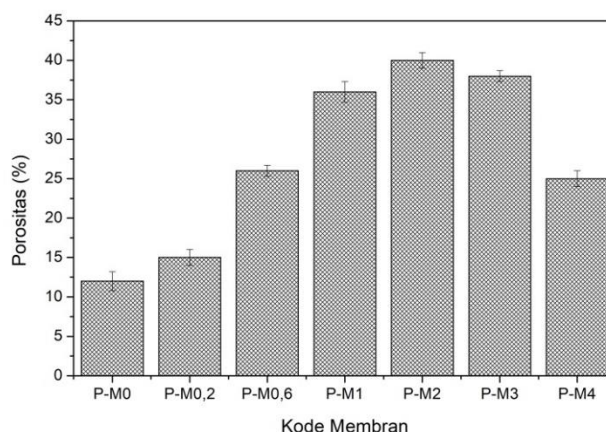
Perbedaan lain juga dapat dilihat pada struktur bagian *sub-layer* bagian bawah membran, di mana pada membran P-M2 *macrovoid like finger* memiliki ukuran yang lebih besar dengan jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan membran tanpa modifikasi (P-M0). Pori dengan dengan ukuran *macrovoid* ini memudahkan penetrasi air ke dalam membran, sehingga memberi kemampuan untuk melewatkan air lebih banyak.



Gambar 4. Struktur morfologi penampang melintang membran dengan perbesaran 1000 kali; (a) P-M0 dan (b) P-M2.

Porositas Membran

Untuk mengetahui lebih jauh efek dari modifikasi menggunakan nanopartikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$ terhadap karakteristik pori permukaan, maka semua membran dihitung porositasnya dan hasilnya ditampilkan pada Gambar 5. Terlihat bahwa membran modifikasi memiliki porositas yang lebih tinggi dibandingkan membran tanpa modifikasi (membran P-0). Pada membran modifikasi, porositas tertinggi dihasilkan pada membran P-M2. Hal ini juga didukung oleh hasil analisis foto SEM (Gambar 4) yang menunjukkan bahwa membran modifikasi (P-M2) terlihat mengalami peningkatan jumlah dan ukuran pori yang lebih besar dibandingkan membran P-M0. Adapun nilai porositas pada membran P-M0; P-M0,2; P-M0,6; P-M1; P-M2; P-M3; dan P-M4 masing-masing sebesar 12%; 15%; 26%; 36%; 40%; 38% dan 25%. Terlihat adanya penurunan porositas membran P-M3 dan P-M4 yang disebabkan karena proses *phase separation* yang tertunda, sehingga mengganggu pembentukan pori akibat hambatan viskositas larutan yang meningkat dengan penambahan konsentrasi nanopartikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$ yang terlalu tinggi.

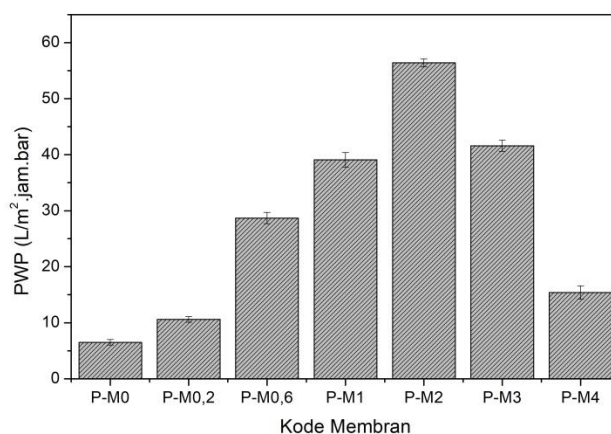


Gambar 5. Porositas pada berbagai membran yang diuji.

Permeabilitas Air murni

Gambar 6 menunjukkan permeabilitas air pada membran dengan dan tanpa modifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran P-M0 memiliki permeabilitas air sebesar 6,5 L/m².jam.bar. Modifikasi membran dengan penambahan nanopartikel Mg(OH)₂ sebesar 0,2% (P-M0,2), 0,6% (P-M0,6), 1% (P-M1), dan 2% (P-M2) memberikan nilai permeabilitas air masing-masing menjadi sebesar 10,6; 28,7; 39,1; dan 56,4 L/m².jam.bar. Selanjutnya pada penambahan nanopartikel Mg(OH)₂ sebesar 3% (P-M3) dan 4% (P-M4) terjadi penurunan nilai permeabilitas membran menjadi 41,6 dan 15,4 L/m².jam.bar.

Kinerja permeabilitas air berkaitan dengan perubahan morfologi pada membran. Penambahan nanopartikel Mg(OH)₂ yang bersifat hidrofilik dalam larutan *casting*, memicu ketidakstabilan termodinamika larutan *casting*, mengakibatkan terjadinya *instant demixing* pada proses inversi fasa. Termodinamika dari sistem polimer-aditif-pelarut-non pelarut serta kinetika dari proses *demixing* sangat mempengaruhi morfologi membran yang terbentuk. Pembentukan *macrovoid* dengan ukuran yang lebih besar disebabkan oleh terjadinya *instant demixing*, dimana pelarut masuk dengan cepat kedalam film membran melalui fraktur yang terbentuk akibat pecahnya *skin layer*. Selanjutnya, pada proses presipitasi dalam bak koagulasi, terjadi agregasi antara polimer PES dan nanopartikel Mg(OH)₂, untuk melepaskan pelarut dari sistem, sehingga terjadi pembesaran ukuran pori yang terbentuk menjadi ukuran *macrovoid* pada membran (Sadzadeh and Bhattacharjee, 2013)



Gambar 6. Permeabilitas air murni pada membran yang diuji.

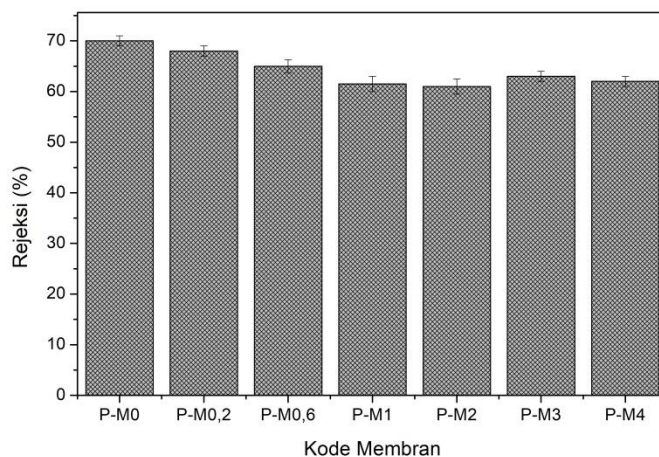
Penambahan nanopartikel Mg(OH)₂ mengakibatkan perubahan morfologi pada membran PES. Pada penampang melintang membran P-M0 terlihat struktur yang sangat rapat/*dense layer* (Gambar 4a). Perubahan terjadi pada struktur membran ketika membran dimodifikasi dengan penambahan nanopartikel Mg(OH)₂, di mana *macrovoid like finger* dengan ukuran yang lebih besar terlihat dengan jelas (Gambar 4b). Adanya ukuran struktur *macrovoid* yang lebih besar dengan jumlah yang lebih banyak ini memudahkan air untuk melewati membran, yang mengakibatkan permeabilitas air juga meningkat.

Peningkatan permeabilitas air pada membran yang dimodifikasi, juga dapat diamati dengan kehadiran kelompok gugus hidroksil (–OH) dari yang berasal dari nanopartikel Mg(OH)₂ dapat dikonfirmasi dari hasil analisa gugus fungsi pada Gambar 2 dan Gambar 3. Kemunculan gugus fungsi hidroksil (–OH) dari kristal air yang terdeteksi pada bilangan gelombang 3698 cm⁻¹ menyebabkan peningkatan hidrofilitas membran modifikasi. Hidrofilitas juga merupakan parameter penting pada membran karena nilai ini akan meningkatkan interaksi permukaan membran dengan molekul air yang akan mempengaruhi kinerja permeabilitas air, yang juga secara bersamaan mengurangi interaksi *foulant* dengan pori-pori membran.

Rejeksi Membran

Uji rejeksi atau selektifitas membran dilakukan dengan mengalirkan asam humus sebagai sampel *artificial* pada modul membran. Asam humus adalah fraksi senyawa humus yang terkandung didalam badan tanah maupun dipermukaan yang merupakan hasil dekomposisi lignin, protein maupun karbohidrat (Nyström *et al.*, 1996). Pengujian dilakukan dengan mengalirkan 50 ppm asam humus sebagai umpan, yang dilewatkan pada modul membran tipe *dead end* pada temperatur kamar dengan tekanan 1 bar selama 60 menit. Selanjutnya dilakukan

analisis konsentrasi pada permeat dan retentat menggunakan *Ultra Violet Visible- Spectrophotometer* pada panjang gelombang 219 nm, untuk mendapatkan nilai rejeksi asam humus pada masing-masing membran.



Gambar 7. Rejeksi asam humus pada membran yang diuji.

Gambar 7 memperlihatkan peningkatan konsentrasi nanopartikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$ yang ditambahkan pada membran yang diuji terhadap rejeksi asam humus. Meskipun kinerja permeabilitas air pada membran yang dimodifikasi mengalami peningkatan, namun berbeda halnya dengan rejeksi membran. Pada **Gambar 7**, kinerja rejeksi pada membran yang dimodifikasi (P-M0,2; P-M0,6; P-M1; P-M2; P-M3; P-M4) memiliki nilai rejeksi yang lebih rendah dibandingkan dengan membran PES tanpa modifikasi (P-M0). Perubahan morfologi terjadi, dimana penambahan nanopartikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$, mampu merubah struktur membran menjadi lebih berpori. Keberadaan pori-pori pada permukaan membran mampu meloloskan partikel asam humus melewati membran menuju sisi permeat. Selain itu penambahan $\text{Mg}(\text{OH})_2$, meningkatkan hidrofilitas membran sehingga mengurangi interaksi ikatan antara permukaan membran dengan partikel asam humus. Adapun nilai rejeksi untuk membran P-M0; P-M0,2; P-M0,6; P-M1; P-M2; P-M3; P-M4 masing-masing adalah sebesar 70%; 68%; 65%; 61,5%; 61%; 63%; 62%.

KESIMPULAN

Modifikasi membran PES dengan penambahan nanopartikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$ berhasil dilakukan. Karakterisasi membran menggunakan FTIR ditemukan adanya gugus hidroksil ($-\text{OH}$) dari aditif nanopartikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$ pada matriks PES yang mengakibatkan kenaikan sifat hidrofilitas membran. Foto SEM memperlihatkan membran yang dimodifikasi dengan nanopartikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$ berbentuk asimetrik, di mana bagian atas memiliki *dense layer* yang lebih tipis, sedangkan bagian bawah (*support*) berbentuk *finger like macrovoid*, dengan ukuran pori pori yang lebih besar dibandingkan dengan membran PES tanpa dimodifikasi. Sedangkan kinerja optimum membran yang dimodifikasi diperoleh pada membran P-M2 memberikan nilai permeabilitas air sebesar $56,4 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$ dengan rejeksi 61%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Syiah Kuala (USK) yang telah mendanai penelitian ini melalui hibah penelitian lektor Tahun 2021, serta pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Dong, C., He, G., Li, H., Zhao, R., Han, Y. and Deng, Y., 2012. Antifouling Enhancement of Poly (Vinylidene Fluoride) Microfiltration Membrane by Adding $\text{Mg}(\text{OH})_2$ Nanoparticles. *Journal of Membrane Science* 387, 40–47. doi: 10.1016/j.memsci.2011.10.007.
- Dong, C., Dai, Y., Jiang, S. and He, G., 2017. Application of $\text{Mg}(\text{OH})_2$ Nanoplatelets as Pore Former to Prepare PVDF Ultrafiltration Membranes. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 5(1), 877–883. doi: 10.1016/j.jece.2017.01.006.
- Ghandashtani, M.B., Ashtiani, F.Z., Karimi, M. and Fouladitajar, A., 2015. A Novel Approach to Fabricate High Performance Nano- SiO_2 Embedded PES Membranes for Microfiltration of Oil-In-Water Emulsion. *Applied*

- Surface Science* 349, 393–402. doi: 10.1016/j.apsusc.2015.05.037.
- Han, S., Mao, L., Wu, T. and Wang, H., 2016. Homogeneous Polyethersulfone Hybrid Membranes Prepared with In-Suit Synthesized Magnesium Hydroxide Nanoparticles by Phase Inversion Method. *Journal of Membrane Science* 516, 47–55. doi: 10.1016/j.memsci.2016.05.040.
- Huang, X., Wang, W., Liu, Y., Wang, H., Zhang, Z., Fan, W. and Li, L., 2015. Treatment of Oily Waste Water by PVP Grafted PVDF Ultrafiltration Membranes. *Chemical Engineering Journal* 273, 421–429. doi: 10.1016/j.cej.2015.03.086.
- Huang, Y.W., Wang, Z.M., Yan, X., Chen, J., Guo, Y.J. and Lang, W.Z., 2017. Versatile Polyvinylidene Fluoride Hybrid Ultrafiltration Membranes with Superior Antifouling, Antibacterial and Self-Cleaning Properties for Water Treatment. *Journal of Colloid and Interface Science* 505, 38–48. doi: 10.1016/j.jcis.2017.05.076.
- Kim, E.S., Liu, Y. and El-Din, M.G., 2011. The Effects of Pretreatment on Nanofiltration and Reverse Osmosis Membrane Filtration for Desalination of Oil Sands Process-Affected Water. *Separation and Purification Technology* 81(3), 418–428. doi: 10.1016/j.seppur.2011.08.016.
- Mulder, M. (1991) *Basic Principles of Membrane Technology*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. doi: 10.1007/978-94-017-0835-7.
- Marino, T., Galiano, F., Simone, S., and Figoli, A. 2019. DMSO EVOL™ as Novel Non-Toxic Solvent For Polyethersulfone Membrane Preparation. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(17). <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-018-3575-9>
- Nyström, M., Ruohomäki, K. and Kaipia, L., 1996. Humic Acid as a Fouling Agent in Filtration. *Desalination* 106(1-3), 79–87. doi: 10.1016/S0011-9164(96)00095-1
- Rahimpour, A., 2011. UV Photo-Grafting of Hydrophilic Monomers onto the Surface of Nano-Porous PES Membranes for Improving Surface Properties. *Desalination* 265(1-3), 93–101. doi: 10.1016/j.desal.2010.07.037.
- Sadrzadeh, M. and Bhattacharjee, S., 2013. Rational Design of Phase Inversion Membranes by Tailoring Thermodynamics and Kinetics of Casting Solution using Polymer Additives. *Journal of Membrane Science* 441, 31–44. doi: 10.1016/j.memsci.2013.04.009.
- Said, M., Ahmad, A., Mohammad, A.W., Nor, M.T.M. and Abdullah, S.R.S., 2015. Blocking Mechanism of PES Membrane During Ultrafiltration of POME. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 21, 182–188. doi: 10.1016/j.jiec.2014.02.023.
- Wang, L., Song, X., Wang, T., Wang, S., Wang, Z. and Gao, C., 2015. Fabrication and Characterization of Polyethersulfone/Carbon Nanotubes (PES/CNTs) Based Mixed Matrix Membranes (MMMs) for Nanofiltration Application. *Applied Surface Science* 330, 118–125. doi: 10.1016/j.apsusc.2014.12.183.
- Yousefi, S., Ghasemi, B., Tajally, M. and Asghari, A., 2017. Optical Properties of MgO and Mg(OH)₂ Nanostructures Synthesized by a Chemical Precipitation Method Using Impure Brine. *Journal of Alloys and Compounds* 711, 521–529. doi: 10.1016/j.jallcom.2017.04.036.