



Membran komposit *polyvinylidene fluoride*/ titanium dioksida untuk pengolahan limbah cair industri kelapa sawit

Agustina^a, Erna Yuliwati^{a,b,*}, Mardwita^{a,b}

^a Program Studi Magister Teknik Kimia, Program Pasca Sarjana, Universitas Muhammadiyah Palembang, Jalan A.Yani 13 Ulu Palembang, Indonesia

^b Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang, Jalan A.Yani 13 Ulu Palembang, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima 27 November 2019

Diterima setelah direvisi 02 Desember 2019

Disetujui 02 Desember 2019

Kata kunci:

Nano partikel
Membran polimer
Limbah cair

Abstract-The aim of this research is to develop membrane material and analyse the membrane performance in liquid waste management of CPO industry to separate suspended solids. Conventional waste treatment has not been able to reach the minimum regulatory standards that have been set. Land area constraints and waste management techniques are complex and produce large sludge volumes. Besides specifically for managing liquid organic waste, the difficulty of the process of degradation of waste due to the high quantity and content of contaminants that can reach up to 40,000-120,000 mg / l for COD. In this study composite membrane made by titanium dioxide in the membrane polyvinylidene fluoride was blend very well and suited to remove suspended solids in the wastewater. The optimization result obtained is the addition of TiO₂ 2% produce maximum flux with the value of 180 L / m².hr and the percentage of 92% filtration. The results of the filtration process conditions were the total suspended solids (TSS) by 99.63% and ammonium nitrogen (NH₃-N) by 92.82% is the ABFR process conditions at 2.25 ml / min, HRT at 276.93 min, MLSS concentration at 4.50 g / L, and the pH at 6.50. So it can be concluded that titanium dioxide resulted the minimize of average poresize and enhance the hydrophilicity of membrane that resulted the maximum flux of this process.

Intisari-Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan teknologi membran dan optimalisasi parameter kinerja membran dalam pengelolaan limbah cair industri CPO untuk memisahkan padatan tersuspensi. Pengolahan limbah konvensional belum mampu mencapai standar peraturan minimum yang telah ditetapkan. Kendala area lahan dan teknik pengelolaan limbah sangat kompleks dan menghasilkan volume lumpur yang besar. Selain khusus untuk mengelola limbah organik cair, sulitnya proses degradasi limbah karena tingginya kuantitas dan kandungan kontaminan yang dapat mencapai hingga 40.000-120.000 mg / l untuk COD. Dalam penelitian ini Titanium dioksida dalam bahan campuran membran polivinilidena fluoride sangat cocok untuk menghilangkan padatan tersuspensi dalam air limbah. Hasil optimasi yang didapat adalah penambahan TiO₂ 2% menghasilkan fluks maksimum dengan nilai 180 L / m².hr dan persentase filtrasi 92%. Hasil dari kondisi proses filtrasi adalah total padatan tersuspensi (TSS) sebesar 99,63% dan amonium nitrogen (NH₃-N) sebesar 92,82% adalah kondisi proses ABFR pada 2,25 ml / menit, HRT pada 276,93 menit, konsentrasi MLSS pada 4,50 g / L, dan pH pada 6,50. Jadi dapat disimpulkan bahwa penggunaan titaniumdioksida pada polimer membran PVDF dapat meningkatkan hidrofilisitas dan meminimalisasi pori membran rata-rata untuk mendapatkan fluks maksimum.

* Corresponding Author:

E-mail: deeyuliwati@gmail.com (Erna Yuliwati)

1. Pendahuluan

Penerapan limbah industri perminyakan sejak beberapa tahun yang lalu telah makin disoroti disebabkan adanya beberapa hidrokarbon aromatik dan juga zat anorganik seperti, minyak dan lemak, sulfida, fenol, logam berat, nitrogen amonia, dan total padatan tersuspensi (TSS). Komposisi limbah cair berminyak menjadi lebih kompleks karena berbagai sumber daya minyak mentah dan aplikasi industri dari proses penyulingan, sehingga air limbah berminyak sulit untuk diolah dengan metode konvensional.

Beberapa teknik umum digunakan dalam pemisahan dan pengolahan minyak-air, khususnya pendekatan konvensional untuk mengolah air limbah kilang yang mencakup pemisahan gravitasi dan skimming, flotasi udara terlarut, de-emulsifikasi, koagulasi dan flokulasi. Pemecahan emulsi kimia adalah cara yang efektif dan aplikasi yang tepat, tetapi memiliki beberapa kekurangan seperti kandungan padatan terlarut dalam peningkatan limbah, proses ini sangat rentan terhadap perubahan kualitas influen, masalah korosi dapat terjadi karena pengasaman dari influen, volume produksi lumpur yang besar, dan biaya pengoperasian yang tinggi [1].

Teknologi membran memberikan alternatif yang menarik untuk pengolahan air limbah kilang. Itu memiliki keuntungan tambahan secara konsisten menghasilkan limbah yang hampir bebas dari polusi dengan masalah operasional yang kurang, kualitas limbah yang stabil dan persyaratan area yang kecil dan tidak memerlukan bahan kimia tambahan [2][15]. Telah ada penelitian yang dikembangkan dengan menggunakan metode pemisahan membran untuk pengolahan air limbah berminyak, khususnya ultrafiltrasi (UF) dengan membran organik [3,4]. Namun, beberapa penelitian tersebut terkait dengan penerapan membran komposit anorganik pada pengolahan air limbah berminyak.

Di antara bahan polimer, PVDF adalah salah satu bahan membran yang paling banyak diterapkan di industri karena aktivitas antioksidan yang luar biasa, stabilitas termal dan hidrolitik yang kuat, serta sifat mekanik dan pembentuk membran yang baik. Oleh karena itu, bahan ini sangat ideal untuk aplikasi di lingkungan yang agresif. Selain itu, PVDF memiliki kelarutan yang baik dalam banyak pelarut organik yang umum seperti N,N-dimethylacetamide (DMAc), N, N-dimethylformamide, N-methyl pyrrolidone dan dimethylsulfoxide [6]. Meskipun sifatnya hidrofobik, yang sering mengakibatkan pembusukan membran yang parah dan penurunan permeabilitas, PVDF dapat dimodifikasi dengan berbagai teknik antara lain, pencampuran fisik/kimia, pencangkakan kimia, dan modifikasi permukaan. Pencampuran dengan bahan anorganik memiliki banyak keuntungan dalam proses filtrasi karena bahan operasi yang mudah digunakan, operasi ringan, dan kinerja yang baik dan stabil [5]. Hidrofilisitas dan kemampuan anti fouling membran PVDF meningkat sampai taraf tertentu, tetapi beberapa di antaranya rumit dan sulit untuk mengontrol hidrofilisitas membran, yang lain dapat menyebabkan beberapa kehilangan membran. Pendekatan untuk memodifikasi membran PVDF dengan aditif nanopartikel TiO₂.

Telah diketahui bahwa partikel nano memiliki sifat elektronik, magnetik, dan optik yang unik untuk meningkatkan kemampuan polimer dalam perluasan tertentu karena ukurannya yang kecil, luas permukaan rasio besar, dan aktivitas yang kuat [5]. TiO₂ banyak digunakan sebagai aditif karena stabilitas dan ketersediaan untuk pengecatan, katalisis dan fotokatalisis, baterai dan kosmetik, dimana dapat mempercepat degradasi kontaminan organik dalam pengolahan air dan air limbah. Dispersi nanopartikel TiO₂ dalam larutan membran PVDF, berfungsi tidak hanya dapat meningkatkan hidrofilisitas membran PVDF yang selanjutnya dapat meningkatkan fluks, tetapi juga dapat membunuh bakteri dan mengurangi

masalah fouling membran [6]. Alaoui et al. [7] melaporkan membran mikroporous TiO₂-PVDF yang dibuat menggunakan inversi fase. Polimer membentuk pori-pori dengan pita-pita mereka yang mengikat agregat TiO₂ dengan baik.

Dalam penelitian ini, pemisahan sintetis limbah cair industri kelapa sawit dilakukan menggunakan membran serat berlubang terendam PVDF dengan variasi nanopartikel TiO₂ sebagai aditif. Berbagai membran serat berongga TiO₂ yang terperangkap disiapkan dengan metode pemintalan. Investigasi ini berfokus pada persiapan dan karakterisasi efek penambahan TiO₂ pada morfologi membran serat berlubang terendam PVDF dan kinerja ultrafiltrasi terendam. Membran yang disiapkan dikarakterisasi dengan hidrofilisitas membran, pengukuran porositas menggunakan isopropil alkohol (IPA), analisis pemindaian mikroskop elektron (FESEM), analisis *Fourier transform infrared* (FTIR), pengujian stabilitas mekanis menggunakan instrumen Lloyd, dan kinerja ultrafiltrasi yang terendam menggunakan tes permeasi.

2. Metodologi

2.1 Bahan yang digunakan untuk persiapan membran

Membran polimer komposit telah disiapkan menggunakan polimer PVDF, partikel nano TiO₂. Pelet PVDF Kynar-760, dibeli dari Elf Autochem, AS. DMAc pelarut (Synthesis Grade, Merck, >99%) digunakan untuk menyiapkan larutan polimer. Partikel nano TiO₂ sebagai pengisi dengan menggunakan bubuk TiO₂ anatase nano-partikel.

2.2 Persiapan membran serat berlubang PVDF

Membran serat berlubang PVDF diputar pada suhu kamar dengan metode *dry-jet wet spinning*. Solusi pemintalan dibuat dari 19% berat PVDF dalam DMAc, dan konsentrasi TiO₂ yang berbeda (5,10,15,20 % berat) dari berat PVDF, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 masing-masing. Awalnya, polimer PVDF dilarutkan dalam DMAc diikuti oleh penambahan berbagai persentase berat partikel nano TiO₂. Campuran-campuran ini diaduk pada kecepatan 500 rpm selama 48 jam pada suhu 60°C kemudian dituangkan ke dalam botol kaca dan diletakkan di tempat gelap untuk menghilangkan gelembung dalam ganja perlahan-lahan di bawah suhu kamar selama 1 hari. Kemudian membran serat berlubang PVDF diputar melalui metode inversi fase jet kering-basah. Pengaturan dan prosedur eksperimental yang terperinci dapat ditemukan di tempat lain [8]. Secara umum, larutan polimer ditekan melalui spinneret dengan laju ekstrusi terkontrol, sedangkan koagulan internal disesuaikan pada 1,0 ml/menit. Serat berlubang muncul dari ujung spinneret dipandu melalui dua pemanas air pada kecepatan naik 1,0 Hz, disesuaikan dengan hati-hati agar sesuai dengan kecepatan jatuh bebas sebelum mendarat di penampung pengumpulan akhir untuk menyelesaikan proses pemadatan. Serat berlubang direndam dalam bak air akhir untuk periode 3 hari, dengan perubahan harian air. Akhirnya, membran dikeringkan dalam kondisi sekitar selama 3-4 hari.

Tabel 2. Konsentrasi Larutan PVDF-TiO₂

Sampel	%PDVF	%TiO ₂	%DMAc
TL5	19	1,0	5,2
TL10	19	1,95	5,2
TL19	19	2,85	5,2
TL20	19	3,80	5,2

2.3 Karakterisasi membran serat berlubang

2.3.1 Hidrofilisitas membran

Sudut kontak dari permukaan membran komposit (Θ) diukur menggunakan teknik gelembung udara captive pada 25 °C pada sistem sudut kontak (OCA20, Dataphysics Instrument, Germany). Air 1μL dijatuhkan dengan hati-hati di permukaan atas dan sudut kontak dinamis ditentukan menggunakan sistem analisis optimal dari nilai rata-rata pengukuran 5 kali dan kesalahan pengukuran adalah ± 3°.

2.3.2 Pengukuran porositas serat berlubang

Porositas membran ε (%) didefinisikan sebagai rasio antara volume pori dan total volume membran. Ini dapat ditentukan dengan mengukur kerapatan bahan polimer menggunakan isopropil alkohol (IPA), yang menembus di dalam pori-pori membran, dan densitas membran menggunakan air suling, yang tidak masuk ke dalam pori-pori. Biasanya dapat ditentukan dengan metode gravimetri, menentukan berat cairan (air murni) yang terkandung dalam pori-pori membran. Persamaan (1) dapat digunakan untuk menentukan porositas [9]:

$$\epsilon = \frac{(W_1 - W_2) \rho_w}{(W_1 - W_2) \rho_w + W_2 \rho_p} \times 100$$

dimana W₁ adalah berat dari membran basah (g), W₂ adalah berat dari membran kering (g), ρ_w adalah kepadatan air murni (1 g cm⁻³) dan ρ_p adalah polimer kepadatan (1,765 g cm⁻³).

Radius pori rata-rata r_m (μm) ditentukan dengan metode kecepatan filtrasi. Menurut persamaan Guerout-Elford-Ferry, r_m dapat dihitung:

$$r_m = \sqrt{\frac{(2.9 - 1.75\epsilon) \times 8\eta l Q}{\epsilon \times A \times \Delta P}} \quad (2)$$

dimana η adalah viskositas air (8,9 x 10⁻⁴ Pa s), l adalah ketebalan membran (m) (yaitu nilai diferensial antara jari-jari eksternal dan jari-jari dalam membran serat berlubang), Q adalah volume air permeat per unit waktu (m³ s⁻¹), A adalah area efektif dari membran (m²), dan ΔP adalah tekanan operasional (0,1 MPa) [9].

2.3.3 Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM)

Struktur penampang selaput serat berlubang PVDF dipelajari menggunakan FESEM (JEOL JSM-T330) digunakan untuk mengamati membran. Membran secara kriogenik retak dalam nitrogen cair dan kemudian disemprot dengan platinum. Serat yang retak ditempelkan pada potongan aluminium khusus menggunakan bantalan konduktif dan ditempatkan dalam wadah silika gel semalam untuk memastikan penghapusan kelembaban dari pori-pori membran. Lapisan tipis lapisan

platinum kemudian diendapkan menggunakan Edwards Sputter Coater S150B sebelum pemeriksaan morfologis menggunakan pemindaian mikroskop elektron (FESEM) (JEOL JSM-T330). Mikrograf FESEM diambil pada pembesaran 10000 kali. Ini menghasilkan foto pada jarak kerja analitik 10 nm.

2.3.4 Pengujian stabilitas mekanik

Sifat mekanik tegangan dan regangan elektrolit polimer ditentukan menggunakan mesin tarik universal (instrumen Lloyd, Tensile tester LRX2, Instrumen SKN LLOYD) pada kecepatan pemuatan konstan 20 mm min⁻¹. Dimensi sampel adalah 25 mm x 0,55 mm. Modulus dan tegangan muda saat istirahat dihitung dari kurva waktu-beban. Kekuatan tarik ditentukan dengan menghitung rata-rata lima kali nilai pengukuran untuk setiap sampel.

2.3.5 Uji permeasi ultrafiltrasi

Kinerja membran diuji dengan modul buntu membran yang memiliki luas permukaan membran 0,04 m². Fluks air murni diukur pada 2,5 bar setelah fluks stabil, kemudian dihitung sebagai

$$F = \frac{V}{At} \quad (3)$$

dimana F adalah fluks air murni (l / m². h), V adalah volume permeat (l), A adalah luas permukaan membran (m²) dan t adalah waktu (h).

Penolakan ditandai dengan kilang efluen sintetis setelah membran sebelumnya disaring dengan air murni sampai fluks stabil. Itu dihitung sebagai rumus:

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100 \quad (4)$$

dimana R adalah penolakan (%), C_p adalah konsentrasi permeat dan C_f adalah konsentrasi umpan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengukuran hidrofilisitas, porositas dan ukuran pori

Sudut kontak (Θ) antara air dan permukaan membran diukur untuk mengevaluasi hidrofilisitas membran menggunakan JC2000A Contact Angle Meter yang diproduksi oleh peralatan Shanghai Zhongcheng (shanghai-china). Untuk meminimalkan kesalahan eksperimental, sudut kontak, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, diukur lima kali untuk setiap sampel dan kemudian dirata-rata.

Tabel 2 Parameter sudut kontak dan struktur pori membran PVDF/TiO₂ dengan variasi konsentrasi TiO₂.

Sampel	TiO ₂	Sudut kontak (o)	Porositas, ε (%)
TL0	1,6	45,67	66,96
TL5	1,6	54,13	80,45
TL10	1,9	47,13	88,42

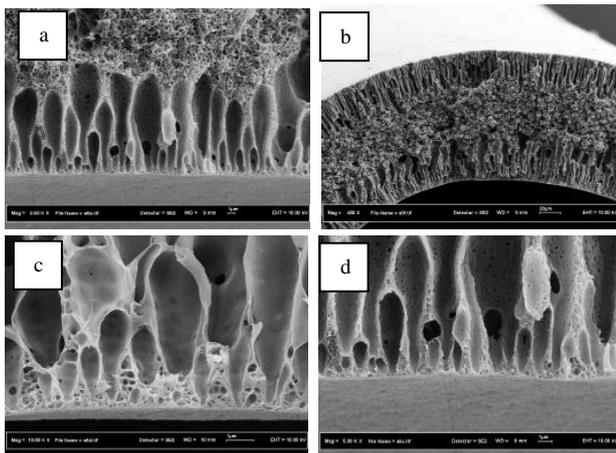
TL15	2,8	51,20	74,67
TL20	3,8	63,80	78,45

Hasil tersebut konsisten dengan penelitian terdahulu yang dilaporkan [10], hidrofilitas membran komposit telah meningkat secara signifikan dengan pengenalan TiO₂. Hidrofilitas permukaan adalah salah satu sifat penting dari membran yang dapat mempengaruhi fluks dan kemampuan antifouling membran. Secara umum, hidrofilitas dievaluasi dengan sudut kontak. Data sudut kontak dari membran komposit dengan konsentrasi TiO₂ berbeda ditunjukkan pada Tabel 2, hidrofilitas membran meningkat dengan penambahan partikel TiO₂. Partikel TiO₂ hidrofilik, yang mengandung gugus hidroksil yang diadsorpsi pada permukaan membran, bertanggung jawab untuk peningkatan hidrofilitas [11]. Namun, sudut kontak meningkat ketika konsentrasi TiO₂ lebih dari 1% berat karena agregat partikel, yang mengakibatkan penurunan luas hidrofilik dan jumlah gugus hidroksil yang efektif.

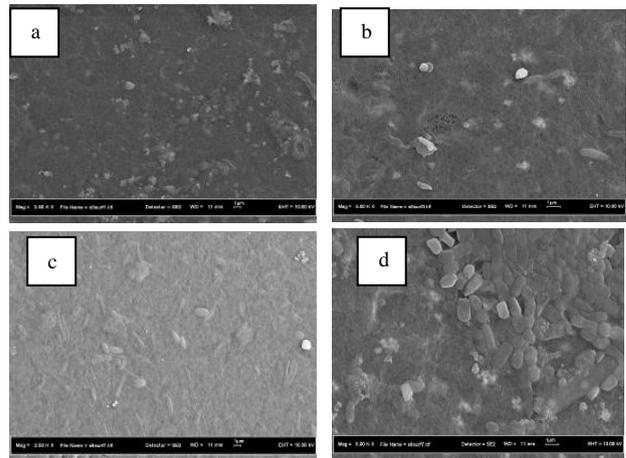
Informasi porositas dari membran yang disiapkan tercantum dalam Tabel 2 di atas, menunjukkan bahwa porositas menurun dengan meningkatnya konsentrasi TiO₂ (TL5-TL20). Penambahan partikel TiO₂ menyebabkan struktur penampang yang lebih padat, sehingga menginduksi penurunan porositas pada konsentrasi TiO₂ yang lebih rendah (5% berat PVDF). Menambahkan lebih banyak partikel TiO₂ meningkatkan pembentukan pori-pori yang lebih besar di sekitar agregat TiO₂ serta cacat dalam membran, sehingga meningkatkan porositas.

3.2 Morfologi membrane – Permukaan Membran

Membran yang digunakan adalah serat berongga ultrafiltrasi asimtris. Diameter luar dan dalam masing-masing adalah 1,1 mm dan 0,55 mm. Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan penampang dan morfologi permukaan membran yang diperoleh menggunakan mikroskop elektron pemindaian emisi lapangan dengan pembesaran 10000 kali untuk setiap sampel. Membran serat berlubang diatur dalam modul untuk memiliki luas permukaan membran 1,414 dm². Manifold yang mengumpulkan air limbah yang difilter oleh membran komposit PVDF telah dikembangkan untuk menghindari masalah yang terkait dengan sambungan drain-membran.



Gambar 1 Penampang lintang sampel (a)T₁₀,(b)TL₁₀, (c) L₁₅,(d)TL₂₀.



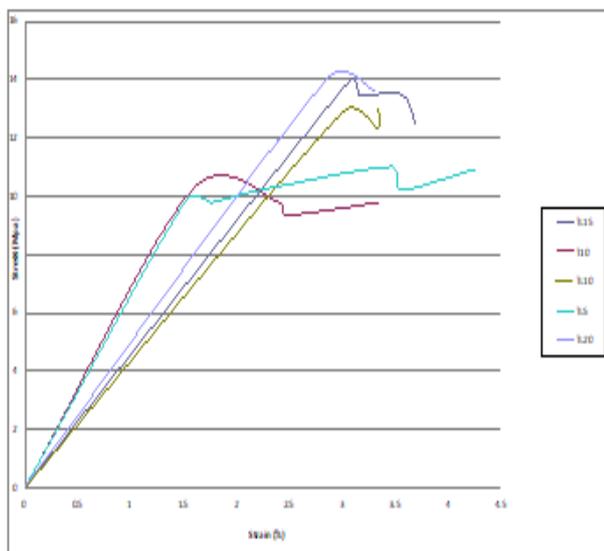
Gambar 2 Morfologi permukaan sampel (a) T₁₀,(b)TL₁₀, (c)L₁₅,(d)TL₂₀

Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM) dari penampang melintang membran dan morfologi permukaan ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Membran dibuat dari homopolimer Polyvinylidene fluoride (PVDF) tanpa aditif yang mengandung makrovoid. Makrovoid ini menjadi lebih ditekankan dan diperluas pada seluruh penampang ketika titanium dioksida (TiO₂) terdispersi secara merata pada permukaan membran. Perbedaan dapat dijelaskan oleh efek termodinamika dan kinetik aditif pada proses membran. Aditif TiO₂ bekerja sebagai non-solven untuk mengurangi ketidakcocokan termodinamik (efek termodinamika), dan mendorong peningkatan pemisahan fase cair-cair. Namun, bahan aditif ini juga meningkatkan viskositas dan menunda difusi timbal balik antara pelarut dalam wadah koagulasi. Oleh karena itu, mereka menginduksi penundaan pemisahan fase (efek kinetik).

Sistem dengan laju inversi fase cepat cenderung membentuk makrovoid dengan struktur seperti jari, sedangkan sistem dengan laju inversi fase lambat menghasilkan struktur seperti spons [12]. Morfologi penampang membran ultrafiltrasi pada Gambar 1 menggambarkan bahwa makrovoid tumbuh dan menjadi run-through pada konsentrasi TiO₂ yang lebih rendah dan kemudian ditekan atau dihilangkan pada konsentrasi TiO₂ yang lebih tinggi. Selain itu, dengan peningkatan konsentrasi TiO₂, morfologi cross sectional membran PVDF berubah dari struktur seperti jari menjadi seperti spons.

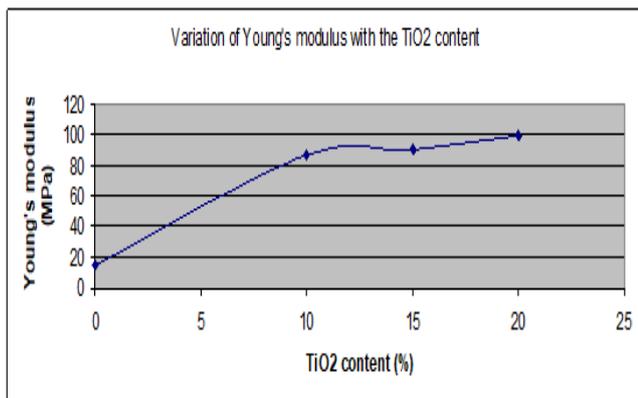
3.3 Analisis stabilitas mekanis

Dalam aplikasi industri membran, sifat mekanik sangat penting untuk kinerja jangka panjang yang stabil. Oleh karena itu, data kekuatan tarik dan perpanjangan putus membran berongga serat ditentukan. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan sifat mekanik membran PVDF, dan variasi PVDF/TiO₂. Jelas bahwa kekuatan mekanik membran ditingkatkan dengan penambahan partikel TiO₂.



Gambar 3 Kekuatan mekanik sampel membran

Hasil penambahan partikel TiO₂, seperti penekanan makrovroid dan interaksi antara partikel anorganik dan polimer, menunjukkan peningkatan kekuatan mekanik sampel membran TL10, TL20, dan TL15, yaitu 13,1, 14,01, dan 14,3 MPa. Namun, hasilnya tidak cukup baik untuk membran komersial, menyebabkan metode pencampuran TiO₂ dengan mudah membuat partikel untuk berkumpul dan menyebar secara tidak seragam dalam matriks polimer. Kondisi ini membentuk banyak titik konvergensi tegangan pada membran di bawah aksi kekuatan eksternal, yang pada akhirnya menyebabkan melemahnya stabilitas mekanik membran.



Gambar 4 Variasi modulus Young dengan konten TiO₂ untuk membran PVDF/TiO₂.

Lebih jauh, partikel anorganik yang kaku dapat menyebabkan penurunan elastisitas membran, yang menyebabkan penurunan perpanjangan membran pada nilai putus. Meskipun demikian, membran serat berlubang PVDF yang mengandung jumlah partikel TiO₂ yang tepat meningkatkan sifat mekanik membran dan nilai kekuatan tarik dari 15 MPa (0% berat) menjadi 99 MPa (20% berat).

3.4 Fluks permeasi air dan penolakan membran yang terendam

Membran dibuat dengan metode dry-jet wet spinning. Semua komposisi dalam larutan obat bius dengan PVDF dioptimalkan. Membran yang diperoleh adalah membran ultrafiltrasi tipikal dan efisiensi penolakan efluen kilang adalah 98,83%. Meskipun permeabilitas membran yang dimodifikasi tidak meningkat secara signifikan, koefisien reduksi fluks (m) menurun sebesar 18,3% dan 21,5%, masing-masing ditunjukkan pada Tabel 3. Ini menunjukkan kemampuan anti-kontaminan meningkat sangat.

Tabel 3 Kinerja membran PVDF

Aditif	F (l / m ² .h)	R (%)
TiO ₂ (5% berat)	58,56	82,35
TiO ₂ (10% berat)	96,77	98,83
TiO ₂ (15% berat)	98,90	96,90
TiO ₂ (20% berat)	93,65	93,71

Yang et al. [13] memperkirakan bahwa ada efek ikatan hidrogen antara atom-atom fluor dalam PVDF dan atom-atom oksigen dalam TiO₂. Struktur itu berkoordinasi dengan ion-ion positif terdisosiasi melalui interaksi asam-basa karena TiO₂ memiliki afinitas tinggi terhadap air, kinerja membran dari transport zat terlarut dapat ditingkatkan. Hubungan antara PVDF dan TiO₂ juga mengubah potensi permukaan PVDF dan mengimbangi dimensi sol selama pembentukan film. Ismail dan Li [14] memodifikasi membran serat berlubang PVDF dengan menambahkan sekitar 10 wt. % TiO₂ ke dalam larutan PVDF/TiO₂. Fluks dan penolakan keduanya meningkat tajam. Mereka menganggap bahwa permukaan TiO₂ berlimpah dengan hidroksil yang dapat meningkatkan fluks membran PVDF.

4. Simpulan

Membran komposit nanopartikel PVDF/TiO₂ dibuat menggunakan metode dry-jet wet spinning. Berbagai pengukuran seperti karakterisasi, sudut kontak, FESEM, dan sifat mekanik digunakan untuk mendapatkan sifat morfologi dan struktur membran yang dihasilkan. Perbandingan kinerja dan morfologi dilakukan antara membran PVDF dengan nano partikel TiO₂ dari komposisi yang berbeda. Hasil permeabilitas dan analisis instrumental menggambarkan bahwa aditif ini jelas mempengaruhi kinerja dan struktur membran PVDF. Nanopartikel yang lebih kecil dapat meningkatkan sifat antifouling dari membran PVDF lebih luar biasa.

Kesimpulannya, ditunjukkan bahwa penambahan aditif 10% TiO₂ pada polimer PVDF lebih baik untuk mendapatkan fluks permeat yang lebih tinggi, sedangkan TiO₂ dapat digunakan untuk meningkatkan hidrofilisitas yang dapat meningkatkan fluks yang sesuai dengan hasil pengukuran FESEM, membran PVDF dengan partikel yang lebih kecil memiliki ukuran pori rata-rata yang lebih kecil dan kekasaran lebih sedikit pada permukaannya dan lebih banyak celah di dalam membran. Membran PVDF/TiO₂ menunjukkan hidrofilisitas luar biasa dan permeabilitas superior dengan sifat retensi yang hampir tidak berubah dan menunjukkan potensi yang besar dalam memberikan persiapan membran yang menguntungkan dengan fluks permeat yang lebih tinggi.

Referensi

- [1] C.Y. Chiang, M.J. Reddy, P.P. Chu, Nano tube TiO₂/composite PVDF/LiPF₆ solid membranes, *Solid State Ionics* 175 (2014) 631-635.
- [2] X.C. Cao, J. Ma, X.H. Shi, Z.J. Ren, Effect of TiO₂ nanoparticle size on the performance of PVDF membrane, *Appl. Surf. Sci.* 253 (2016) 2003-2010.
- [3] J. Bush, A. Cruse, W. Marquardt, Modelling submerged hollow-fiber membrane filtration for wastewater treatment, *J. Membr. Sci.* 288 (2007) 94-111.
- [4] J.S. Li, Y. Liang, H.Y. Wang, X.Y. Sun, L.J. Wang, Preparation and characterization of TiO₂/PVDF composite hollow fiber membrane, *ACTA Polym. Sin.* 5 (2014) 709-712.
- [5] L.Y. Yu, H.M. Shen, Z.L. Xu, PVDF-TiO₂ composite hollow fiber ultrafiltration membranes prepared by TiO₂ sol-gel method and blending method, *J. Appl. Polym. Sci.* 113 (2013) 1763-1772.
- [6] T.H. Bae, T.M. Tak, Effect of TiO₂ nanoparticles on fouling mitigation of ultrafiltration membranes for activated sludge filtration, *J. Membr. Sci.* 249 (2015) 1-8.
- [7] C.H. Lu, W. H. Wu, R. B. Kale, Microemulsion-mediated hydrothermal synthesis of photocatalytic TiO₂ powders, *J. Hazard. Mat.* 154(2012) 649-654.
- [8] M.L. Hami, M.A. Al-Hasyimi, M.M. Al-Doori, Effect of activated carbon of BOD and COD removal in a dissolved air flotation unit treating refinery wastewater, *Desalination* 216(2017) 116-122.
- [9] E. Fontananova, J.C. Jansen, A. Cristiano, E. Curcio, E. Drioli, Effect of additives in the casting solution on the formation of PVDF membranes, *Desalination* 192(2016) 190-197.
- [10] C. Y. Chiang, M. J. Reddy, P. P. Chu, Nano-tube TiO₂ composite PVDF/LiPF₆ solid membranes, *Solid State Ionics* 175 (2014) 631-635.
- [11] Z.P. Fang, Y.Z. Xu, C.W. Xu, Modification mechanism of nanoparticles on polymers, *J. Mater. Sci. Eng.* 21 (2) (2003) 279-282
- [12] S.C. Yu, C.J. Gao, Research on PVDF UF membrane with small pore size, *Technol. Water Treat.* 25 (2) (2017) 83-86
- [13] Y.N. Yang, H.X. Zhang, P.Wang, Q.Z. Zheng, *J. Membr. Sci.* 288 (2017) 231-237.
- [14] A. F. Ismail, K. Li, From Polymeric precursors to hollow fiber carbon and ceramic membranes, *Membr. Sci. Tech.*, Vol. 13, Elsevier B. V., 2018, 81-119.
- [15] ANI MELANI, Erna Yuliwati, Elfidiah. Modifikasi Membran Polivinylidene Fluoride untuk Pengolahan Limbah Cair Industri. **Jurnal Inovator**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 16-20, may 2018. ISSN 2615-5052. Available at: <http://ojs.politeknikjambi.ac.id/inovator/article/view/10>. diakses tanggal: 30 Nov 2019.