

34_Publikasi_Penelitian_Terapan_dan_Kebijakan_2021_S4.pdf

by Erna Yuliwati Dkk

Submission date: 14-Jun-2023 03:06PM (UTC+0700)

Submission ID: 2115818375

File name: 34_Publikasi_Penelitian_Terapan_dan_Kebijakan_2021_S4.pdf (469.94K)

Word count: 3333

Character count: 19957

PUBLIKASI PENELITIAN TERAPAN DAN KEBIJAKAN

e-ISSN: 2621-8119

3 TEKNOLOGI MEMBRAN ULTRAFILTRASI UNTUK PENGELOLAAN AIR LIMBAH PENCUCIAN INDUSTRI TEKSTIL *ECO-PRINT*

ULTRAFILTRATION MEMBRANE FOR TREATING TEXTILE WASTEWATER OF ECO-PRINT INDUSTRY

Erna Yuliwati, Sri Martini, Ani Melani

Universitas Muhammadiyah Palembang

*Korespondensi Penulis, email : deeyuliwati@gmail.com

Diterima : 27 November 2020

Direvisi : 29 April 2021

Diterbitkan : 30 Juni 2021

ABSTRACT

A microporous hydrophobic membrane for textile wastewater has been extensively reviewed and discussed. Many investigations attempted the use of polyvinylidene fluoride (PVDF) membranes to separate the textile wastewater. Using hydrophobic membranes, textile wastewater is normally produced as permeate. Meanwhile, hydrophilic membranes can produce water which was 4% of grease and organic matter content as permeate. PVDF membrane was modified by chemical treatments in order to obtain a functionalized polymer suitable for preparation 5 of membranes with improved the hydrophilicity and fouling resistance. The addition of organic or inorganic hydrophilic material in casting dope to prepare porous membranes by phase inversion method was an effective technique to improve the flux and amount of wastewater removal process. PVDF membranes were found to be an effective membrane material for treatment of textile wastewater with modifying structural on roughness 12.28 nm, 18.65 nm and 20.58 nm with adding 3% , 5% and 10% of TiO₂. These resulted on flux of 142.92 L/m² hr and decreased COD, BOD and TOC of 90.08%, 85.92% and 92.34%, respectively.

Keywords: Eco-print wastewater, polymer membrane, ultrafiltration, PVDF

ABSTRAK

Membran hidrofobik mikro untuk air limbah tekstil telah ditinjau dan didiskusikan secara ekstensif. Banyak penelitian mencoba menggunakan membran polivinilidena fluorida (PVDF) untuk memisahkan air limbah tekstil. Menggunakan membran 3 hidrofobik, air limbah tekstil biasanya diproduksi sebagai permeat. Sedangkan membran hidrofilik dapat menghasilkan air yang bebas lemak dan kandungan bahan organik yang merembes. Membran PVDF telah dimodifikasi dengan perlakuan kimia untuk mendapatkan polimer yang berfungsi sesuai untuk persiapan membran dengan meningkatkan hidrofilitas dan ketahanan terhadap pengotoran. Hasil penelitian ini menghasilkan permukaan luar PVDF membran berongga. Hasil dari analisis AFM mengungkapkan bahwa permukaan membran tidak mulus dan struktur seperti nodul dan agregat nodul terbentuk pada permukaan membran PVDF. Derajat kekasaran permukaan (Ra) dihasilkan masing-masing sebagai 12,28 nm, 18,65 nm dan 20,58 nm untuk PVDF dengan 3% TiO₂, PVDF dengan 5% TiO₂ dan PVDF dengan 10% TiO₂. Hal ini dapat meningkatkan fluks mencapai 142,92 L/m²h dengan pengurangan persentase COD sebesar 90,08%, BOD sebesar 85,92% dan TOC sebesar 92,34%.

Kata Kunci : Limbah cair Eco-print, membran polimer, ultrafiltrasi, PVDF

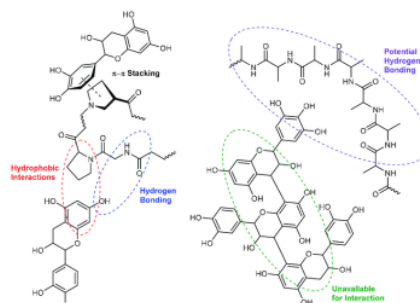
PENDAHULUAN

Membran telah menjadi salah satu teknik pemisahan yang dapat diandalkan terutama pemisahan air. Mereka digunakan di berbagai industri dan pabrik seperti desalinasi, pemurni⁶ air dan pabrik pengolahan air limbah. Salah satu aplikasi membran berpori yang terkenal dalam pengolahan air limbah adalah membuat emulsi dengan ukuran yang berbeda (Liese, W., & Kohl 2015). Metode ini didasarkan pada kemampuan tekanan rendah untuk fase terdispersi meresap melalui membran ke dalam fase kontinu dan berlaku untuk emulsi minyak-dalam-air dan air-dalam-minyak. Limbah cair dalam jumlah besar dalam bentuk emulsi dihasilkan dalam industri proses, seperti petrokimia, farmasi, air cucian, minyak bumi, metalurgi, dan transportasi. Meningkatnya popularitas polimer jenis *polyvinylidene fluoride* (PVDF) dalam proses pengolahan air limbah cucian terutama dikaitkan dengan ketahanan kimia dan stabilitas termal yang sangat baik.

PVDF adalah polimer semi-kristal yang mengandung fasa kristal dan fasa amorf dan / atau kenyal. PVDF stabil saat diserang oleh sebagian besar bahan kimia korosif dan senyawa organik termasuk asam, basa, oksidan kuat, dan halogen (N. 1967), (Han and Xiaona Niu 2012). Properti unggul ini menghasilkan bahan membran yang luar biasa terutama untuk aplikasi pengolahan air limbah industri yang melibatkan emulsi sabun dan zat warna (*dye*) (Kusworo, T.D., Pratama, B.A. 2020), pemisahan organik/air (Yuliwati and Ismail 2011), penyerapan dan pengupasan gas (Kusworo, T.D., Pratama, B.A. 2020), distilasi membran (S.C., Yu, S.C. & Gao 2017), dan ultrafiltrasi (Yuliwati and Ismail 2011). Selain itu, kemampuan membran untuk menahan paparan suhu tinggi 366K dalam waktu lama dan PVDF dapat diautoklaf untuk aplikasi yang disterilkan (biasanya pada 121 °C) (Yuliwati, E. et al. 2011).

PVDF sering dikelompokkan bersama dengan polypropylene (PP), Polytetrafluoroethylene (PTFE). Dari ketiga polimer tersebut, hanya PVDF yang dapat dibuat menjadi membran asimetris dengan metode inversi fasa. Sebagai polimer semi-kristal, PVDF umumnya menunjukkan perilaku pemisahan fase yang

lebih rumit daripada polimer amorf (Yuliwati, E. et al. 2011), (Yuliwati and Ismail 2011). Pertumbuhan kristalinitas polimer memiliki efek merugikan pada sifat transfer membran karena keduanya menurunkan volume bebas daerah amorf yang tersedia untuk transport spesies dan meningkatkan membran yang memiliki pori yang tersebar merata dan lubang pori yang berliku-liku (Ezekannagha, Ude, and Onukwuli 2017), (Yuliwati et al. 2011).



Gambar 1. Interaksi hidropobik dan ikatan hidrogen dalam pembuatan membran.

Gambar 1 mengilustrasikan bentuk struktural monomer hidropobik yang digunakan sebagai bahan utama polimer untuk membuat membran. Pada proses pembuatan membran monomer yang telah menjadi rantai pendek lebih mudah terikat dengan pelarut dan membentuk senyawa kompleks yang dapat merubah sifat permukaan membran sebagaimana yang diinginkan. Ikatan hidrogen yang terjadi antara ion hidroksil dengan monomer polyvinylidene fluoride merupakan ikatan yang memudahkan untuk membentuk senyawa kompleks yang dimaksud, dan terutama dalam penambahan aditif untuk memodifikasi morfologi dan struktural membran.

Pada penelitian ini digunakan membran PVDF untuk memfiltrasi limbah cair industri tekstil eco-print. Industri ini menggunakan pewarna alami yang dicampur dengan pemekat warna yang terdiri dari kaporit yang terdiri dari klor dan juga menggunakan serbuk besi untuk penguat warna kain. Senyawa ini menyebabkan pencemaran jika tidak dikontrol pembuangannya sehingga pengelolaan air limbah industri tekstil ini dapat sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan melalui penggunaan

teknologi membran. Standarisasi produk filtrasi dalam teknologi membran telah ditabulasikan pada Tabel 1 berikut berdasarkan SNI, 2016. Retensi yang dihasilkan dalam penelitian ini telah memenuhi standar sehingga membran PVDF untuk filtrasi limbah cair industri tekstil dapat dikembangkan untuk mendapatkan hasil terbaik.

Tabel 1. Standar limbah cair industri tekstil

Parameter	Kandungan Maksimum (mg/L)	Jumlah maksimum polutan (kg.ton)	
		Sumber	Tepi sungai
BOD	60	97	67
COD	15	105	80
TSS	50	0,9	1,0
Fenol	0,5	0,083	0,055
Nitrogen amonia	8,0	6,3	0,32
Kekeruhan	25	32,1	29,4
Warna	50	339,0	120,0
pH	6,0 – 9,0		
Jumlah buangan maksimum (m3/ton)		18	20

METODE PENELITIAN

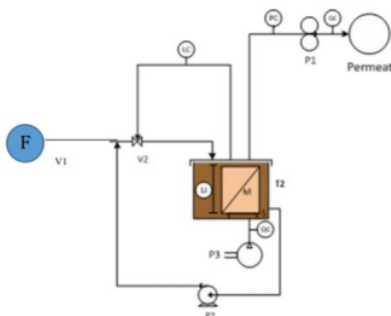
Persiapan pembuatan membran

Membran PVDF dihasilkan dengan metode dry-jet wet spinning pada suhu kamar (25°C). Solusi pemintalan membran PVDF dibagi menjadi dua kelompok, yaitu membran dibuat dari 17 wt.% PVDF dalam pelarut *Dimethyl Formamide* (DMF) pada konsentrasi TiO₂ yang berbeda yaitu 3, 5 dan 10 % berat dari massa PVDF. Secara umum, larutan polimer diberi tekanan melalui alat pemintal dengan laju ekstrusi terkontrol, sedangkan koagulan internal diatur pada 1,5 mL/menit. Membran berongga yang dihasilkan dari ujung alat pemintal diulurkan melalui dua penangas air dengan kecepatan pengambilan 13,5 cm/detik, secara hati-hati disesuaikan agar kecepatan jatuh bebasnya sebesar 2 m mencapai pada bak penampung akhir untuk menyelesaikan proses pematangan. Membran berongga kemudian direndam dalam air selama 3 hari, dengan penggantian air setiap hari, untuk menghilangkan sisa pelarut dan aditif. Serat berlubang kemudian diolah menggunakan larutan gliserol 10% (v/v) sebagai pertukaran non-pelarut selama 1 hari untuk meminimalkan

penyusutan membran dan penyusutan pori. Kemudian membran dikeringkan selama 3 hari dan membran siap untuk dibuat modul uji membran berongga.

Proses Ultrafiltrasi

Percobaan filtrasi ini dilakukan dalam kondisi vakum yang dibuat menggunakan pompa peristaltik (Master flex model 7553-79, Cole Palmer) dengan permeat yang disedot dari ujung terbuka serat sebagaimana yang diilustrasikan pada Gambar 2 (Yuliwati, Porawati, and Elfidiyah, and Melani 2019). Level cairan di tangki umpan dipertahankan konstan selama percobaan. Gelembung udara yang dihasilkan bermanfaat untuk memberikan tegangan geser untuk meminimalkan partikel yang mengendap di permukaan membran selama proses filtrasi. Volume permeasi air yang dikumpulkan ditentukan dengan menggunakan silinder ukur. Setelah filtrasi selesai, permukaan membran dibersihkan dengan spons lembut untuk menghilangkan lapisan penuh partikel yang mungkin terbentuk selama filtrasi.



Gambar 2. Skema penelitian menggunakan membran PVDF berongga.

Fluks permeasi dan rejeksi membran PVDF untuk limbah cair tekstil eco-print, tercantum pada Tabel 2, diukur dengan sistem ultrafiltrasi. Modul membran dengan area filtrasi 16.00 dm², direndam dalam suspensi limbah cair yang telah disiapkan dalam reservoir membran dengan kapasitas 15 L. Aliran silang dihasilkan oleh gelembung udara dari diffuser yang terletak di bawah modul membran terendam, untuk pembersihan mekanis dari modul membran. Laju aliran gelembung udara per unit area membran

proyeksi diatur secara konstan pada 2,5 mL / menit untuk mempertahankan turbulensi yang tepat. Tekanan filtrasi diberikan oleh pompa vakum dan dikendalikan katup jarum. Laju aliran permeate dicatat secara kontinyu menggunakan flow meter.

Kualitas air permeasi dari air limbah berminyak yang diolah oleh membran yang dimodifikasi menunjukkan bahwa membran memiliki kinerja antifouling yang baik (Yuliwati, Porawati, and Elfidiah, and Melani 2019). Membran memiliki aplikasi yang luas dalam pengolahan air limbah tekstil dengan perolehan fluks yang lebih tinggi dan kontaminan yang lebih sedikit. Studi dari Yan menunjukkan bahwa penambahan partikel alumina berukuran nano dalam PVDF dapat meningkatkan fluks secara signifikan. Peningkatan retensi Total Organic Carbon (TOC) dari air permeasi sangat signifikan. Hal ini dapat dijelaskan bahwa penambahan partikel titanium dioksida hidrofilik pada membran hasil modifikasi dapat menghilangkan kontaminan organik secara lebih efektif, dimana jumlah kontaminan organik yang melewati membran dengan air perembesan berkurang.

Fluks (J) diukur setelah fluks stabil, kemudian dihitung sebagai

$$J = \frac{V}{A.t} \quad (1)$$

2
dimana J adalah fluks air murni (L/m².h), V adalah volume permeate (L), A adalah luas membran (m²) dan t adalah waktu (h).

Persentase retensi (R) membran berongga dihitung dengan menggunakan persamaan (2). 2
Rejeksi dikarakterisasi dengan larutan air setelah membran sebelumnya disaring dengan air murni hingga fluks stabil, yang dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_j}\right) \cdot 100\% \quad (2)$$

2
dimana R adalah retensi membran, C_p adalah konsentrasi perembesan dan C_j adalah konsentrasi umpan.

(Kusworo, T.D., Pratama, B.A. 2020) dan 6
oh 2017) mengamati penurunan konsentrasi *chemical oxygen demand (COD)* dan *total*

organic carbon (TOC), dicapai dengan mempertimbangkan kompleksitas air limbah yang diproses. Membran dapat meningkatkan efisiensi penurunan COD sebesar 17% dan TOC sebesar 20%, dibandingkan dengan hasil yang diperoleh hanya dengan bioseparasi. Penurunan konsentrasi *chemical oxygen demand (COD)*, *biochemical oxygen demand (BOD)* dan *total organic carbon (TOC)* di unit pengolahan air limbah tekstil menunjukkan bahwa peningkatan sekecil apapun, dapat dihitung dari analisis model transportasi COD berikut:

$$\frac{1}{R_{COD}} = \frac{1}{R_{sCOD}} + \frac{B_{sCOD}}{R_{sCOD}} \cdot \frac{1}{J_v} \quad (3)$$

dimana R_{COD} adalah retensi keseluruhan COD, R_{sCOD} adalah parameter retensi keseluruhan untuk COD, B_{sCOD} adalah parameter perpindahan massa keseluruhan untuk COD dan adalah fluks permeate.

Berdasarkan persamaan 3, peningkatan tekanan transmembran menyebabkan fluks permeate meningkat sejak 1/R_{COD} menurun dan R_{COD} meningkat. Ini adalah studi yang sangat menarik dimana penolakan COD yang lebih tinggi dicapai dengan peningkatan fluks permeate. Selain itu, sebagaimana yang diketahui dalam proses menggunakan membran, pengotoran membran merupakan fenomena kompleks di mana fluks permeate menurun drastis karena fenomena yang melibatkan faktor kimia dan fisik (Yuliwati dkk, 2011). Hal ini merupakan hasil dari adsorpsi komponen larutan umpan ke bahan membran.

Ada dua jenis *fouling* membran untuk pengolahan air limbah berminyak. Salah satunya adalah *fouling* yang dapat dibalik, yang biasanya disebabkan oleh partikel zat terlarut atau koloid yang mengendap di permukaan dan di pori-pori. Fouling lainnya adalah pengotoran ireversibel, yang menyebabkan penurunan fluks karena penyerapan fisik atau kimiawi zat terlarut dan partikel yang kuat di permukaan dan di pori-pori membran. Penurunan fluks yang disebabkan oleh pengotoran yang tidak dapat diubah hanya dapat dipulihkan dengan mencuci dengan larutan asam atau alkali (Yuliwati et al. 2011).

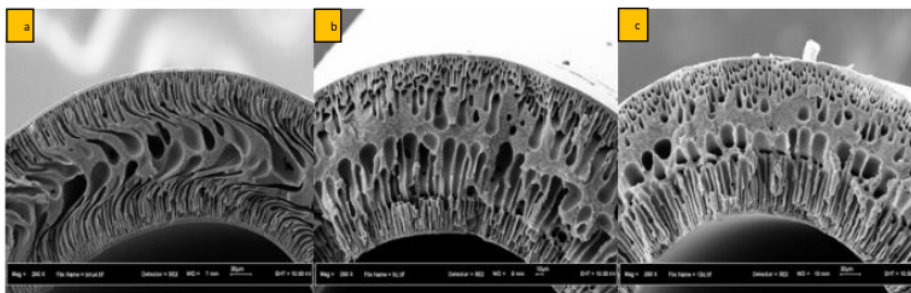
Mekanisme *fouling* selalu diawali dengan periode induksi. Periode induksi adalah sistem fungsi dan kondisi operasi. Karena kecenderungan *fouling* merupakan fungsi dari fluks dan kecepatan aliran silang, telah dilaporkan oleh (Madrakian, T., Afkhami, A., & Bagheti 2011), bahwa membran PVDF/ Al_2O_3 yang dimodifikasi memiliki kinerja anti *fouling* yang menguntungkan dengan pemulihan fluks yang lebih baik dan adsorpsi kontaminan yang lebih sedikit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

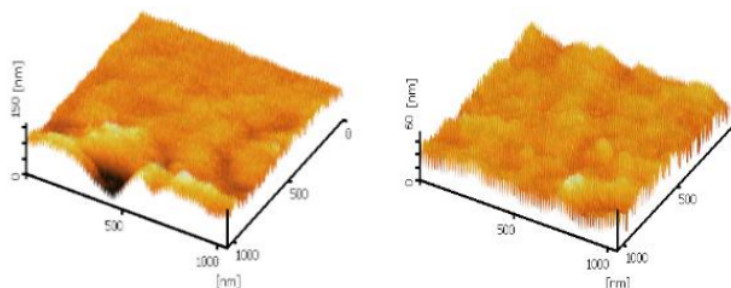
Struktur dan Morfologi Membran

Pada Gambar 2, struktur dan morfologi membran diilustrasikan pada bagian potongan melintang dan permukaan luarnya. Gambar 3 menunjukkan gambar AFM 3D dari permukaan luar PVDF membran berongga. AFM mengungkapkan bahwa permukaan membran tidak mulus dan struktur seperti nodul dan agregat nodul terbentuk pada permukaan

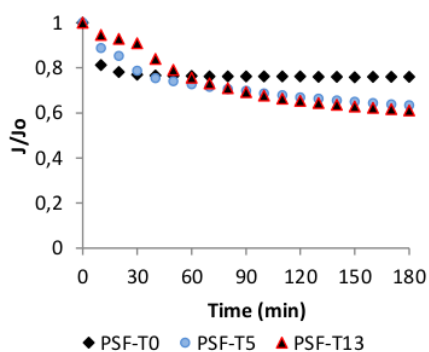
membran PVDF. Derajat kekasaran permukaan (Ra) dihasilkan masing-masing sebagai 12,28 nm, 18,65 nm dan 20,58 nm untuk PVDF dengan 3% TiO_2 , PVDF dengan 5% TiO_2 dan PVDF dengan 10% TiO_2 . Dapat diketahui bahwa rata-rata parameter kekasaran meningkat dengan peningkatan jumlah aditif dalam membran PVDF. Hasil ini mungkin disebabkan karena permukaan luar membran mengalami penggabungan dan orientasi agregat polimer dalam wadah koagulasi eksternal saat peredaman membran. Ketika larutan polimer keluar dari spinneret, relaksasi polimer terjadi pada permukaan luar. Selama relaksasi, makromolekul cenderung menggulung dan terjatoh satu sama lain, meningkatkan fusi agregat nodular seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. Tekanan yang mempengaruhi secara dramatis pada molekul polimer mengakibatkan relaksasi di permukaan luar membran sebagaimana yang didapatkan pada berbagai studi oleh (L.Y. Susan, SuzyLawati Ismail, Ooi Boon Seng, H. Mustapa 2017); (V.K. Garg, M. Amita, R. Kumar, R. 2004).



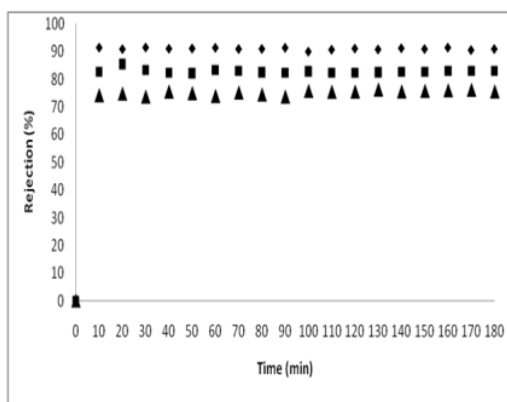
Gambar 2. Potongan melintang membran melalui FESEM dari PVDF membran modifikasi (1) lapisan dalam (2) lapisan tengah (3) lapisan luar.



Gambar 3. AFM permukaan luar membran



Gambar 4. Fluks dari variasi penambahan aditif titanium dioksida.



Gambar 5. Pengaruh waktu terhadap rejeksi.

Permeabilitas membran

Fluks membran PSf yang dimodifikasi ditemukan meningkat dengan peningkatan komposisi aditif. Gambar 4 menunjukkan penurunan permeabilitas relatif membran PVDF dengan penambahan aditif pada konsentrasi yang berbeda dengan (J/J_0) sebagai fungsi waktu. Pada Gambar 5 terjadi pengurangan cukup signifikan dari permeabilitas relatif diamati. Hal ini merupakan konsekuensi dari pengotoran membran oleh limbah cair tekstil.

Kinerja ketiga membran filtrasi ditunjukkan pada Gambar 5, dimana membran PVDF dengan 10% TiO_2 memiliki kinerja terbaik dengan rejeksi 93,2%. Terlihat jelas bahwa permeabilitas membran menurun drastis dalam 30 menit filtrasi ketika rejeksi awal tinggi dari tahap filtrasi awal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Hal ini menunjukkan bahwa penolakan awal membran merupakan faktor kunci penurunan fluks yang tinggi. Dengan demikian, rejeksi membran menjadi lebih tinggi karena ukuran pori menjadi lebih kecil (N. 1967).

Rejeksi membran PVDF dengan 3% TiO_2 dan PVDF dengan 5% TiO_2 masing-masing adalah 82,8% dan 75,2%, yang menunjukkan bahwa ukuran pori untuk kedua membran ini sangat mempengaruhinya yang disebabkan penambahan aditif TiO_2 . Pori-pori membran yang lebih besar akan menyebabkan COD,

BOD dan TOC lebih mudah masuk melalui pori-pori dan menghasilkan pemisahan zat terlarut yang lebih rendah. Terjadi penurunan rejeksi yang diakibatkan dengan bertambahnya ukuran pori permukaan terluar juga diteliti oleh Ezekannagha dkk melalui proses metanolisis minyak. Dengan kata lain, hal ini menunjukkan bahwa transpor zat terlarut dapat diatur oleh ukuran pori dan distribusi ukuran pori dari permukaan luar membran PVDF berongga. Dalam penelitian sebelumnya oleh (S.K. Giri, N.N. Das 2011), (Liou 2010), (Susan, Ismail, and Ooi Boon Seng 2017), dan (Vijayasanthi et al. 2020), ditemukan nilai pemisahan zat terlarut yang lebih rendah untuk membran serat berongga yang memiliki ukuran pori yang lebih besar.

Dalam studi membran PVDF dengan 3% TiO_2 dan 5% TiO_2 , permeabilitas menurun jauh lebih lambat dibandingkan dengan PVDF dengan 10% TiO_2 , dimana membran PVDF dengan 10% TiO_2 tetap memiliki permeabilitas tertinggi. Hal ini dibuktikan dengan hasil filtrasi seperti ditabulasikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil filtrasi limbah tekstil eco-print

Parameter, satuan	Hasil Filtrasi
Fluks, L/m^3H	142,92
COD %	90,08
BOD, %	85,92
TOC, %	92,34

KESIMPULAN

Membran PVDF berongga yang diberi aditif TiO₂ dengan berbagai konsentrasi dapat meningkatkan laju fase inversi dan menyediakan membran asimetris berpori dengan struktur canggih untuk pengolahan air limbah tekstil eco-print. Beberapa teknik karakterisasi dan pengukuran seperti struktur membran, dan permeabilitas digunakan untuk mengevaluasi detail struktur halus membran dan kinerja membran. Analisis FESEM menunjukkan bahwa penambahan 10 wt.% berat TiO₂ menghasilkan membran yang memiliki hidrofilitas yang lebih tinggi, ukuran pori yang kecil, dan porositas yang tinggi. Analisis AFM menggambarkan kekasaran permukaan luar membran, yang mengakibatkan peningkatan Ra dengan peningkatan komposisi aditif. Hasil uji permeabilitas menggambarkan bahwa nanopartikel TiO₂ sangat mempengaruhi kinerja membran PVDF berongga. Fluks yang lebih tinggi secara signifikan mencapai 142,92 L/ m²h pengolahan air limbah tekstil eco-print, pengurangan persentase COD sebesar 90,08%, BOD sebesar 85,92% dan TOC sebesar 92,34%.

SARAN

Penambahan material aditif oksida disarankan untuk penelitian lanjutan dengan tujuan meningkatkan permukaan adsorpsi pada proses filtrasi, dimana polimer yang digunakan adalah campuran polimer untuk membentuk struktur mixed matrix pada morfologi membran. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja membran.

DAFTAR PUSTAKA

- Ezekannagha, Chinyere B, Callistus N Ude, and Okechukwu D Onukwuli. 2017. "Optimization of the Methanolysis of Lard Oil in the Production of Biodiesel with Response Surface Methodology." *Egyptian Journal of Petroleum* 26 (4): 1001–11.
- Han, X., and and Xiaojian Ma Xiaona Niu. 2012. "Adsorption Characteristics of

Methylene Blue on Poplar Leaf in Batch Mode: Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics." *Korean Journal of Chemical Engineering* 29 (4): 494–502.

- Kusworo, T.D., Pratama, B.A., & Savira D.P. 2020. "Optimization of Bio-Oil Production from Empty Palm Fruit Bunches by Pyrolysis Using Response Surface Methodology." *Reaktor* 2(1): 1–9.
- Liese, W., & Kohl, M. 2015. *Bamboo: The Plant and Its Uses*. Springer International Publishing.
- Liou, T. H. 2010. "Development of Mesoporous Structure and High Adsorption Capacity of Biomass-Based Activated Carbon by Phosphoric Acid and Zinc Chloride Activation." *Chemical Engineering Journal*.
- Loh, S. K. 2017. "The Potential of the Malaysian Oil Palm Biomass as a Renewable Energy Source." *Energy Conversion and Management* 141: 285–98.
- Madrakian, T., Afkhami, A., & Bagheti, H. 2011. "Removal of Some Cationic Dyes from Aqueous Solutions Using Magnetic Modified Multi-Walled Carbon Nanotubes." *J. Hazard. Mater* 196: 109–14.
- N., M. Xiaojian H. Xiuli N. Xiaona. 1967. "Adsorption Characteristics of Methylene Blue on Poplar Leaf in Batch Mode: Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics." *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. 29(4): 494–502.
- S.C., Yu, S.C. & Gao, C.J. 2017. "Research on PVDF UF Membrane with Small Pore Size." *J. Tech. Water Treat* 25(2): 83–86.
- S.K. Giri, N.N. Das, G.C. Pradhan. 2011. "Magnetic Powder and Kaolinite Derived from Waste Iron Ore Tailings for Environmental Applications." *Powder Technology* 214: 513–18.

- Susan, L.Y., Suzylawati Ismail, and and H. Mustapa Ooi Boon Seng. 2017. "Surface Morphology of PvdF Membrane and Its Fouling Phenomenon by Crude Oil Emulsion." *Journal of Water Process Engineering* 25 (2): 55–61.
- V.K. Garg, M. Amita, R. Kumar, R., Gupta. 2004. "Basic Dye (Methylene Blue), Removal from Simulated Wastewater by Adsorption Using Indian Rosewood Sawdust." *Dyes Pigments* 63: 243–50.
- Vijayasanthi, J., R. Sachin, R. Adsare, Aduja Naik Archana G. Lamdande, and and G. Prabhakar K. S. M. S. Raghavarao. 2020. "Recovery of Proteins from Coconut Milk Whey Employing Ultrafiltration and Spray Drying." *Journal of Food Science and Technology* 57 (1): 22–31.
- Yuliwati, E., A.F. Ismail, T. Matsuura, and and M.S. Abdullah M.A. Kassim. 2011. "Effect of Modified PVDF Hollow Fiber Submerged Ultrafiltration Membrane for Refinery Wastewater Treatment." *Desalination* 283: 214–20.
- Yuliwati, E., and A.F. Ismail. 2011. "Effect of Additives Concentration on the Surface Properties and Performance of PVDF Ultrafiltration Membranes for Refinery Produced Wastewater Treatment." *Desalination* 273 (1): 226–31.
- Yuliwati, E., H. Porawati, and A. Elfidiah, and Melani. 2019. "Performance of Composite Membrane for Palm Oil Wastewater Treatment." *Journal Applied Membrane Science & Technology* 23 (2): 1–10.
- Yuliwati, E, A F Ismail, T Matsuura, M A Kassim, and M S Abdullah. 2011. "Characterization of Surface-Modified Porous PVDF Hollow Fibers for Refinery Wastewater Treatment Using Microscopic Observation." *Desalination* 283: 206–13.

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	pkp.balitbangnovdasumsel.com Internet Source	3%
2	ojs.politeknikjambi.ac.id Internet Source	3%
3	academic-accelerator.com Internet Source	1%
4	www.researchgate.net Internet Source	1%
5	Zhou Yuan, Xi Dan-Li. "Porous PVDF/TPU blends asymmetric hollow fiber membranes prepared with the use of hydrophilic additive PVP (K30)", Desalination, 2008 Publication	1%
6	enviro.its.ac.id Internet Source	1%
7	repositori.aka.ac.id Internet Source	1%

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 1%