

JFA

Jurnal Fisika dan Aplikasinya

DAFTAR ISI

RIZKI E. AGUSTIN, NUR A. WIBOWO, DAN FERDY S. RONDONUWU: Determinasi Komposisi Campuran Lemak Babi dengan Sapi menggunakan Spektroskopi Inframerah Dekat dan <i>Partial Least Square Regression</i>	75-80
WENNY MAULINA, BINTI ISTIKOMATUL ISROFIYAH, DAN SUPRIYADI: Uji Aktivitas Antibakteri dan Permeabilitas Membran Hibrid Nilon-TiO ₂	81-85
CHRISLI ELFRI SAHULEKA, JODELIN MUNINGGAR, DAN FERDY S. RONDONUWU: Pencitraan Inframerah Dekat dari Lemak Sapi pada Model Lemak Tissue	86-90
ADIB MEIDITHA WIBOWO, SEHAH, DAN SUGITO: Interpretasi Batuan Bawah Permukaan Prospek Bijih Besi di Kawasan Desa Pagubugan dan Desa Pagubugan Kulon Kecamatan Binangun Kabupaten Cilacap Berdasarkan Survei Magnetik	91-98
AYU JATI PUSPITASARI, ENDARKO, DAN IIM FATIMAH: Blood Pressure Monitor Design Using MPX5050GP Pressure Sensor and Visual C# 2010 Express	99-103
CASNAN, ERLIZA NOOR, HARTRISARI HARDJOMIDJOJO, IRZAMAN, DAN ETI ROHAETI: Kinetika Reaksi Proses Pirolisis pada Sekam Padi	104-109
FAISAL AKBAR, RETNO KUSUMANINGRUM, MIRAJ S. JAMIL, ALFIAN NOVIYANTO, WAHYU B. WIDAYATNO, AGUS S. WISMOGROHO, DAN NURUL T. ROCHMAN: Sintesis Ca ₂ P ₂ O ₇ dari Limbah Kerang dengan Metode <i>Solvothermal</i>	110-113
MASHURI, I. MUFIDAH: Efek Pemanasan Pra-kompaksi Dan Sinter Terhadap Sifat Kuat Tekan Komposit Al/SiC	114-118
M. ARIEF BUSTOMI: Keunggulan Ekstraksi Fitur Ordo Kedua terhadap Ordo Pertama dalam Identifikasi Ciri Berbasis Tekstur Warna	119-127

JFA (Jurnal Fisika dan Aplikasinya)

Penanggung Jawab

Kepala Departemen Fisika, FSains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

Dewan Redaksi

Editor in chief:

DARMINTO, Departemen Fisika, FSains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya

Anggota:

Internal:

AGUS PURWANTO, Departemen Fisika, FSains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya

M.S. MUNTINI, Departemen Fisika, FSains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya

B.J. SANTOSA, Departemen Fisika, FSains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya

G. YUDOYONO, Departemen Fisika, FSains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya

SUDARSONO, Departemen Fisika, FSains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya

Eksternal:

ABARRUL IKRAM, Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PT BIN), Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN), PUSPIPTEK Serpong, Tangerang.

CUK IMAWAN, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia, Jakarta

HERMAN, Jurusan Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung

WAHYUDI, Jurusan Fisika, Universitas Gajah Mada (UGM), Yogyakarta.

PENGANTAR REDAKSI

Alhamdulillah, Jurnal Fisika dan Aplikasinya (JFA, J. Fis. dan Apl.) Volume 15 Nomer 3 Edisi Oktober 2019, atas ijin-Nya telah dapat kami terbitkan. Dalam edisi kali ini JFA menyajikan sembilan artikel ilmiah yang terkait dengan bidang Material, Geofisika, Optik, dan Instrumentasi. Redaksi menyampaikan ucapan terimakasih kepada Dr. Triwikantoro, Dr. Mashuri, Dr. Sungkono, Dr. Suyatno, Prof. Agus Rubiyanto, A. Bustomi, M.Si., Diky Anggoro, M.Si., Yanurita Dwi Hapsari, M.Sc. yang telah membantu redaksi untuk me-review naskah pada edisi kali ini, dan tak lupa ucapan terima kasih kami haturkan pada penulis artikel ilmiah yang telah memberi kepercayaan pada JFA sebagai media untuk mengkomunikasikan hasil penelitian dan kajian ilmiah sehingga dapat tersebar-luaskan kepada pemerhati fisika.

Pada kesempatan ini, Redaksi kembali mengundang dan memberi kesempatan pada para peneliti dibidang terkait untuk mempublikasikan hasil penelitiannya melalui jurnal ini. Semoga artikel-artikel dalam jurnal ini bermanfaat bagi pembaca dan perkembangan ilmu fisika dan aplikasinya.

Dewan Redaksi

ALAMAT REDAKSI: Jurnal Fisika dan Aplikasinya (JFA)

Departemen Fisika, Fakultas Sains, Kampus ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya 60111

Telp./Fax.: (031)5943351

E-mail: jfa@physics.its.ac.id; jfa.fisika.its@gmail.com

website: <http://IPTEK.its.ac.id/index.php/jfa>

Distribusi: Suko Widyatmoko

Uji Aktivitas Antibakteri dan Permeabilitas Membran Hibrid Nilon-TiO₂

Wenny Maulina*, Binti Istikomatul Isrofiyah, dan Supriyadi
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

Intisari

Membran hibrid dari nilon dan titanium dioksida (TiO₂) dibuat menggunakan hidrogen klorida (HCl) sebagai precursor dan asetil aseton sebagai chelating agent dalam casting solution dengan metode inversi fasa. Tujuan dari penelitian ini adalah menginvestigasi efek antibakteri dan permeabilitas flux karena pengaruh TiO₂ pada membran hibrid. Diantara semua membran yang dibuat, membran hibrid nilon-TiO₂ dengan fraksi massa 70%:30% menunjukkan efek antibakteri terbaik. Sementara itu, penambahan TiO₂ dapat meningkatkan permeabilitas air dan natrium klorida (NaCl) dari 0 sampai 40%.

Abstract

Hybrid membranes from nylon and titanium dioxide (TiO₂) were prepared using hydrogen chloride (HCl) as precursor and acetyl acetone as chelating agent in the casting solution by phase inversion methods. The aim of this study was investigated antibacterial effect and permeation flux due to the impact of TiO₂ contents on the hybrid membranes. Among all the prepared membranes, nylon-TiO₂ hybrid membranes with mass fraction 70%:30% exhibited the best antibacterial effect. Meanwhile, the additions of TiO₂ were raised water and sodium chloride (NaCl) permeability from 0 to 40%.

Keywords: antibacterial effect; hybrid membranes; permeability; TiO₂.

*Corresponding author: wenny@unej.ac.id

<http://dx.doi.org/10.12962/j24604682.v15i3.4625>
2460-4682 ©Departemen Fisika, FSains-ITS

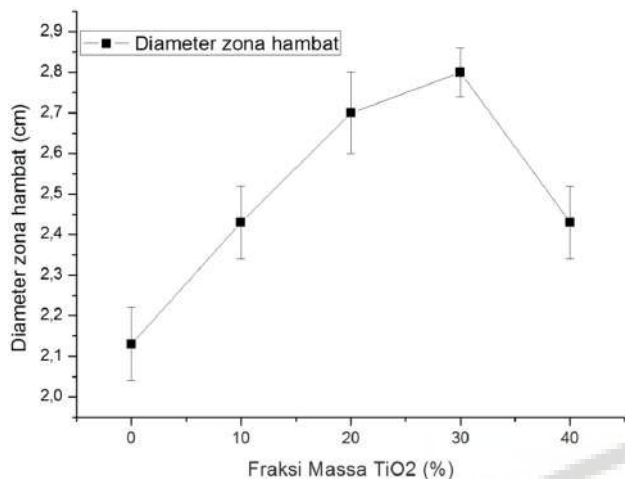
I. PENDAHULUAN

Pengembangan dan aplikasi teknologi membran untuk filtrasi semakin beragam dan terus mengalami kemajuan sehingga banyak ide yang bermunculan untuk membuat membran sintetik (*artificial membrane*) dari berbagai bahan yang selanjutnya digunakan untuk menggantikan fungsi dari membran alami. Membran sintetik dapat dibuat dari bahan polimer (sintetis) maupun bahan anorganik. Polimer merupakan senyawa kimia organik yang didasarkan pada karbon, hidrogen, dan unsur bukan logam (O, N, Si) [1]. Bahan polimer yang banyak digunakan untuk membran sintetik diantaranya polisulfon, poliamida, selulosa asetat, *politetrafluoroetilen* (PTFE), dan jenis polimer lainnya. Sedangkan bahan anorganik yang digunakan dalam pembuatan membran sintetik adalah keramik. Bahan keramik yang biasa digunakan adalah aluminium oksida (Al₂O₃), titanium dioksida (TiO₂), zirkonium dioksida (ZrO₂), dan silikon dioksida (SiO₂) [2, 3]. Saat ini telah dikembangkan membran yang disebut *mixed matrix membrane* (MMM) atau dikenal juga sebagai membran hibrid, yaitu membran dari penggabungan bahan polimer (sintetis) dan bahan anorganik. Tujuannya adalah untuk mengurangi biaya produksi dengan tetap menjaga kinerja membran (permeabilitas dan selektivitas) yang baik. Membran hibrid dapat

mengatasi kelemahan yang dimiliki oleh membran polimer yaitu mengeliminasi keterbalikan antara permeabilitas dan selektivitas. Dalam membran hibrid, permeabilitas membran ditentukan oleh bahan polimer, sedangkan bahan anorganik menentukan selektivitas [4].

Nilon adalah senyawa polimer yang memiliki gugus amida pada setiap unit ulangnya, sehingga nilon disebut juga senyawa poliamida [5]. Nilon bersifat semikristalin, kuat, memiliki sifat mekanik yang unggul, dan tahan terhadap suhu tinggi [6]. Banyak cara dilakukan untuk meningkatkan kinerja membran polimer, misalnya dengan menambahkan bahan anorganik yaitu titanium dioksida (TiO₂) sehingga membentuk membran hibrid. TiO₂ bersifat hidrofilik dan memiliki daya tahan yang tinggi terhadap bakteri. Penambahan TiO₂ meningkatkan kekuatan mekanik membran sehingga membran tidak terdekomposisi serta meningkatkan hidrofilitas sehingga fluks meningkat [7].

Penelitian terkait perkembangan membran hibrid beserta aplikasinya telah banyak dilakukan, diantaranya mengenai pengaruh penambahan nano-TiO₂ sebagai agen antibakterial dalam pembuatan membran selulosa asetat-kitosan terhadap biofouling yang disebabkan oleh bakteri Gram negatif dan Gram positif menggunakan metode blending dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan TiO₂ sebesar 1%



Gambar 1: Grafik hubungan antara diameter rata-rata zona hambat terhadap fraksi massa TiO₂.

pada membran selulosa asetat-kitosan dapat menaikkan nilai fluks air murni dan fluks optimal terdapat pada membran TiO₂ dengan fraksi massa 1% yaitu 574,26 L/m²jam [8]. Penelitian mengenai uji fluks dan karakterisasi struktur membran selulosa asetat yang ditambahkan titanium dioksida (TiO₂) menggunakan metode pembalik fasa rendam-endap menunjukkan bahwa membran selulosa asetat yang ditambah TiO₂ memiliki fluks air yang lebih besar dibanding dengan membran selulosa asetat tanpa penambahan TiO₂ [9]. Penelitian mengenai uji fluks membran dan aktivitas antibakteri membran hibrid nilon-TiO₂ menggunakan metode electrospinning untuk filtrasi larutan garam menghasilkan bahwa fluks air meningkat ketika tekanan dinaikkan dan aktivitas antibakteri meningkat dengan bertambahnya jumlah TiO₂ pada membran [10].

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini dilakukan kajian terkait pengaruh variasi fraksi massa nilon dan TiO₂ terhadap aktivitas antibakteri dan permeabilitas pada membran hibrid menggunakan metode inversi fasa. Uji antibakteri dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh fraksi massa TiO₂ terhadap daya hambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada membran hibrid. Sedangkan Permeabilitas membran dapat diketahui melalui uji fluks pada membran nilon yang ditambah TiO₂ dilakukan dengan metode aliran *dead-end*.

II. METODOLOGI

Sintesis membran hibrid nilon-TiO₂

Sintesis membran hibrid nilon-TiO₂ dilakukan menggunakan metode inversi fasa. Inversi fasa merupakan proses perubahan polimer dari bentuk larutan menjadi bentuk padatan secara terkontrol. Tahap sintesis membran dimulai dengan menimbang massa nilon dan titanium dioksida (TiO₂) dengan variasi fraksi massa (wt%) 100%:0%, 90%:10%, 80%:20%, 70%:30% dan 60%:40% yang kemudian secara berurutan disebut dengan membran A, B, C, D, dan E. Selanjutnya yaitu

mencampurkan nilon dan titanium dioksida (TiO₂) ke dalam pelarut hidrogen klorida PA merek Mallincrodt (HCl 25%) sebanyak 20 ml dan asetil aseton sebanyak 2 ml. Penambahan larutan asetil aseton ini bertujuan untuk mempercepat reaksi antara benang nilon dan hidrogen klorida. Campuran bahan kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 75 menit dengan kecepatan 350 rpm sehingga terbentuk larutan polimer yang homogen (larutan *dope*) [11]. Setelah terbentuk, larutan dicetak pada plat kaca yang diratakan dengan batang silinder spatula agar menjadi lapisan tipis kemudian diredam dalam aquadest sampai membentuk padatan dan membran terlepas.

Uji aktivitas antibakteri membran hibrid nilon-TiO₂

Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode *disc diffusion* menggunakan kertas saring yang berdiameter 6 mm dengan bakteri uji *Escherichia coli*. Membran hibrid nilon-TiO₂ yang digunakan masih dalam bentuk larutan homogen yang belum dicetak. Proses selanjutnya yaitu memasukkan kertas saring ke dalam media padat, larutan sampel yang akan diuji diambil sebanyak 10 μ l kemudian diteteskan pada kertas saring dalam media padat yang berisi satu sampai dua kertas saring. Media padat yang telah diberi perlakuan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, kemudian dilakukan pengukuran diameter zona hambat yaitu zona bening yang terbentuk di sekitar kertas saring, dengan menggunakan jangka sorong.

Uji permeabilitas membran hibrid nilon-TiO₂

Proses selanjutnya yaitu ultrafiltrasi untuk mengetahui nilai fluks membran dilakukan dengan cara memasukkan membran ke dalam alat ultrafiltrasi. *Feed* yang digunakan pada proses ultrafiltrasi yaitu aquadest dan larutan NaCl dengan konsentrasi larutan NaCl 35 ppt. Proses ultrafiltrasi dilakukan pada tekanan 1 bar, 2 bar, dan 3 bar untuk masing-masing variasi fraksi massa membran hibrid nilon-TiO₂. Waktu setiap proses filtrasi ditetapkan selama 60 menit. Volume permeat yang tertampung diukur pada menit ke-5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 dan 60 kemudian dihitung nilai fluksnya. Setiap tekanan dari masing-masing fraksi massa dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 54 sampel untuk dilakukan uji fluks membran dengan feed larutan NaCl dan membutuhkan 18 sampel untuk dilakukan uji fluks membran dengan feed aquadest. Koefisien permeabilitas merupakan perbandingan antara fluks dengan tekanan operasional membran. Koefisien permeabilitas membran diperoleh dari sampel aquadest dengan cara menarik garis regresi pada grafik, kemudian kemiringan grafik antara fluks dengan tekanan merupakan koefisien permeabilitas membran.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas antibakteri membran hibrid nilon-TiO₂

Gambar 1 menunjukkan bahwa hasil uji antibakteri dari sampel uji membran hibrid Nilon-TiO₂ dapat menghambat per-

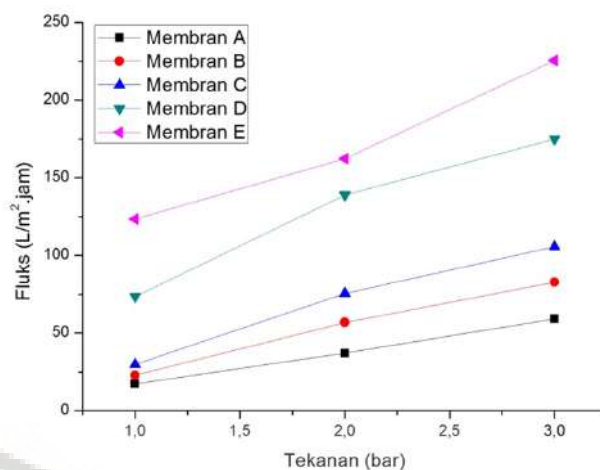
tumbuhan bakteri *escherichia coli*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan fraksi massa TiO_2 pada membran A, B, C, dan D dapat meningkatkan aktivitas antibakteri terbukti dengan adanya diameter zona hambat yang terbentuk. Diameter zona hambat yang terbentuk semakin besar seiring dengan bertambahnya fraksi massa TiO_2 sampai pada fraksi massa nilon dan TiO_2 70%:30%. Penelitian dengan hasil yang serupa untuk membran kitosan-nilon6 juga menghasilkan diameter zona hambat terbesar pada fraksi massa 70%:30% [6]. Sedangkan pada membran E diameter zona hambat yang dihasilkan menurun. Hal ini dimungkinkan karena kemampuan suatu bahan antimikroba dalam meniadakan kemampuan hidup mikroorganisme tergantung pada konsentrasi bahan mikroba tersebut. Jenis bahan antimikroba dalam membran hibrid juga menentukan kemampuan menghambat pertumbuhan kuman. Selain itu, dimungkinkan oleh adanya batasan maksimum perbandingan nilon dan penambahan fraksi massa TiO_2 [12].

Titanium dioksida (TiO_2) merupakan bahan anorganik yang memiliki sifat daya tahan tinggi terhadap bakteri. Beberapa peneliti meyakini bahwa oksida logam membawa muatan positif sementara mikroorganisme membawa muatan negatif, hal ini menyebabkan tarikan elektromagnetik antara mikroorganisme dan oksida logam yang mengarah untuk oksidasi dan menyebabkan mikroorganisme mati [13]. Bakteri *Escherichia coli* merupakan bakteri Gram negatif yang terdiri atas satu atau lebih lapisan peptidoglikan yang tipis dan membran di bagian luar lapisan peptidoglikan. Karena hanya mengandung sedikit lapisan peptidoglikan dan tidak mengandung asam teikoat, maka dinding sel bakteri Gram negatif ini lebih cepat rusak ketika diberi antibiotik atau bahan antibakteri lainnya [12]. Dengan demikian terlihat bahwa membran nilon yang ditambahkan TiO_2 mampu meningkatkan aktivitas antibakteri membran dibandingkan dengan membran nilon tanpa TiO_2 .

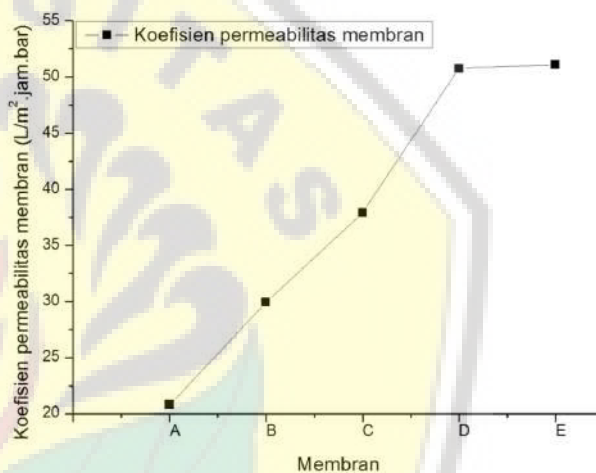
Permeabilitas membran hibrid nilon- TiO_2

Permeabilitas membran dapat diketahui melalui nilai fluks membran. Fluks adalah banyaknya volume permeat yang melewati membran dalam satuan waktu tertentu [14]. Pengujian fluks pada penelitian ini dilakukan pada dua *feed* yang berbeda yaitu aquadest dan larutan NaCl. Gambar 2 menunjukkan hasil pengukuran fluks aquadest terhadap tekanan pada variasi fraksi massa yang berbeda. Fluks aquadest cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya tekanan pada semua variasi fraksi massa membran. Hasil penelitian yang serupa menyatakan bahwa semakin besar tekanan operasi yang diberikan mengakibatkan daya tekan *feed* untuk melalui membran meningkat sehingga laju alir fluida yang melewati membran juga semakin meningkat [15].

Berdasarkan Gambar 2 dapat ditentukan nilai koefisien permeabilitas membran. Adapun nilai koefisien permeabilitas pada masing-masing membran dapat ditunjukkan oleh Gambar 3. Koefisien permeabilitas membran ultrafiltrasi bernilai antara 10-50 $\text{L/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$ [16]. Berdasarkan Gambar 3 maka dapat diketahui bahwa membran hibrid nilon- TiO_2



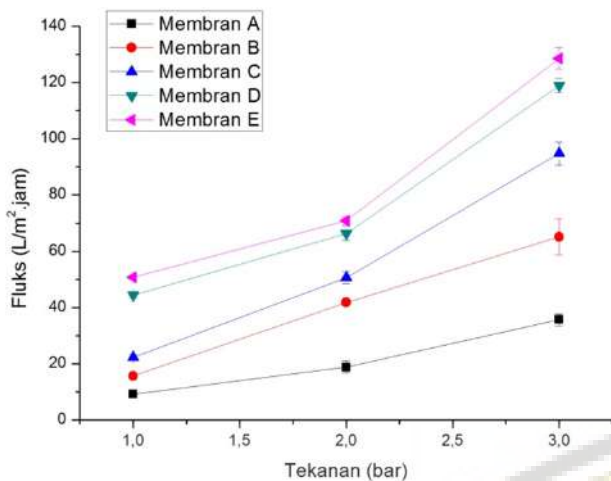
Gambar 2: Grafik hubungan antara fluks aquadest terhadap tekanan pada masing-masing membran.



Gambar 3: Nilai koefisien permeabilitas membran.

yang dihasilkan termasuk membran ultrafiltrasi untuk membran A, B, dan C. Sedangkan membran D dan E termasuk dalam membran mikrofiltrasi. Membran ultrafiltrasi digunakan untuk filtrasi protein, virus, silika koloid, material organik, pati, pewarna, lemak, padatan cat. Sedangkan membran mikrofiltrasi digunakan untuk filtrasi bakteri, virus, padatan tersuspensi. Mikrofiltrasi umumnya digunakan bersama dengan berbagai proses pemisahan lainnya seperti ultrafiltrasi untuk menghasilkan produk yang bebas dari kontaminan yang tidak diinginkan [17]. Ultrafiltrasi secara fundamental tidak berbeda dari mikrofiltrasi. Keduanya terpisah berdasarkan ukuran pengeculian atau menangkap partikel tertentu [18].

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, perbedaan tekanan dan variasi fraksi massa Nilon- TiO_2 yang diberikan sangat berpengaruh terhadap nilai volume permeat yang dihasilkan. Nilai fluks dari larutan NaCl cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya tekanan seperti yang ditun-



Gambar 4: Grafik hubungan antara fluks larutan NaCl terhadap tekanan pada masing-masing membran.

jukkan pada Gambar 4. Nilai fluks larutan NaCl juga cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya fraksi massa TiO_2 . Hal ini dikarenakan TiO_2 memiliki sifat hidrofilisitas yang tinggi yaitu sifat yang suka air. Hasil penelitian yang serupa menunjukkan bahwa penambahan bahan anorganik kitosan pada membran polimer (nilon) mampu meningkatkan nilai fluks membran karena sifat hidrofilisitas yang dimilikinya [6]. Sifat hidrofilisitas ini bertindak sebagai kekuatan pendorong untuk serapan air ke dalam membran sehingga semakin banyak fraksi massa TiO_2 yang ditambahkan meng-

hasilkan nilai fluks yang semakin meningkat. Selain itu, penambahan TiO_2 menyebabkan membran yang dihasilkan lebih tipis dibandingkan membran tanpa TiO_2 dan memungkinkan pori-pori membran yang terbentuk semakin lebar sehingga larutan umpan akan lebih cepat melewati membran.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan diameter zona hambat yang terbentuk dari uji aktivitas antibakteri diketahui pengaruh penambahan TiO_2 dapat meningkatkan aktivitas antibakteri membran yang terjadi pada membran A, B, C dan D, sedangkan untuk membran E aktivitas antibakteri yang dihasilkan menurun. Aktivitas antibakteri terbesar terdapat pada membran D dengan diameter zona hambat yang terbentuk sebesar 2,8 cm. Berdasarkan koefisien permeabilitas membran dapat diketahui bahwa membran A, B, dan C termasuk membran ultrafiltrasi. Sedangkan membran D dan E termasuk membran mikrofiltrasi. Nilai fluks larutan NaCl membran hibrid nilon- TiO_2 menghasilkan bahwa penambahan TiO_2 dapat meningkatkan nilai fluks membran. Fluks tertinggi terdapat pada membran E dengan tekanan 3 bar sebesar 128,62 L/m^2 .jam.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LP2M Universitas Jember yang telah mensupport penelitian ini melalui skim Hibah Keris tahun 2018.

- [1] B.A. Harjosuwono, dan I.W. Arnata, "Modul kuliah 1: Teknologi Polimer", Universitas Udayana, 2015.
- [2] J.A. Pinem, dan R. Angela, "Sintesis dan Karakterisasi Membran Hibrid PMMA/TEOT Pengaruh Konsentrasi Polimer", Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan", Yogyakarta, Februari, 2011.
- [3] C.Y. Lai, A. Groth, S. Gray dan M. Duke, "Nanocomposite for Improved Physical Durability of Porous PVDF Membranes", Membranes, vol. 1, pp. 55-78, 2014.
- [4] I.G. Wenten, "Teknologi Membran: Prospek dan Tantangannya di Indonesia", Institut Teknologi Bandung, 2016.
- [5] A. Fanani, W.A. Nugroho, dan Y. Hendrawan, "Analisa Pengaruh Variasi Penambahan Massa Nilon pada Preparasi Membran Nilon terhadap Karakteristik Fisik Membran", Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, vol. 3, pp. 218-224, 2014.
- [6] A.R. Jabur, L.K. Abbas, dan S.A. Moosa, "Fabrication of Electrospun Chitosan/Nylon 6 Nanofibrous Membrane toward Metal Ions Removal and Antibacterial Effect", Advances in Materials Science and Engineering, vol. 2016, pp. 1-10, 2016.
- [7] T. Mahaningsih, "Kajian Sifat Listrik Membran Polisulfon yang Didadah Titanium Dioksida (TiO_2)", Skripsi S.Si, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2011.
- [8] H. Eshnati, H. Susanto, dan Syafrudin, "Pengaruh Penambahan Nano- TiO_2 Sebagai Agen Anti-bakterial dalam Pembuatan Membran Selulosa Asetat-Kitosan terhadap Biofouling yang Disebabkan oleh Bakteri Gram Negatif dan Positif", Jurnal Teknik Lingkungan, vol. 4, hlm. 1-10, 2016.
- [9] H. Setyawan, "Kajian Fluks dan Sifat Mekanik Membran Selulosa Asetat yang Didadah Titanium Dioksida", Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2012.
- [10] A.R. Jabur, L.K. Abbas, dan S.A. Moosa, "Functionalized Titanium Dioxide Nanoparticles-Nylon 6 Nanocomposite Membran For Improved Salt Rejection Under Low Pressure Water Nanofiltration", The Iraq Journal for Mechanical And Material Engineering, vol. 13, pp. 408-421, 2017.
- [11] E.R. Apipah, "Sintesis dan Karakteristik Membran Nilon yang Berasal dari Limbah Benang", Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2013.
- [12] D.A. Mpila, Fatimawali, dan W.I. Wiyono, "Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Mayana (Coleus atropurpureus [L] Benth) Terhadap Staphylococcus aureus, Escherichia coli Dan Pseudomonas aeruginosa Secara In-Vitro", Jurnal Ilmiah Pharmaco, vol. 1, pp. 13-21, 2012.
- [13] M. Haghi, M. Hekmatafshar, M.B. Janipor., S.S. Gholizadeh., M.K. Faraz., F. Sayyadifar., dan M. Ghaedi, "Antibacterial Effect of TiO_2 Nanoparticles on Pathogenic Strain of E.coli", International Journal of Advanced Biotechnology and Research, vol. 3, pp. 622-624, 2012.
- [14] M. Mulder, "Basic Principle of Membrane Technology", 2nd ed., Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [15] M. Suprihatin, M. Romli, dan A. Ismayana, "Penerapan Mem-

bran Filtrasi dari Selulosa Asetat dan Chitosan untuk Produksi Bersih pada Industri Pulp dan Kertas”, *Jurnal Teknik Industri*, vol. 3, hlm. 75-82, 2004.

- [16] A. Suhendi, "Pencirian Membran Mirofiltrasi Nilon-6", Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2017.
- [17] I.G. Wenten, A.N. Hakim, Khoiruddin, dan P.T.P. Aryanti,

"Pemisahan Elektro Ionik Berbasis Membrane", Institut Teknologi Bandung, 2014.

- [18] I.G. Wenten, dan P.T.P. Aryanti, "Diktat: Ultrafiltrasi dan Aplikasinya", Institut Teknologi Bandung, 2014.

