

# Pembuatan dan Karakterisasi Membran Polyethersulfone (PES)-Kitosan Secara Blending Polimer

Umi Fathanah<sup>1</sup>, Izarul Machdar<sup>2</sup>, Medyan Riza<sup>3</sup>, Nasrul A. Rahman<sup>4</sup>

Mirna Rahmah Lubis<sup>5</sup>, Mariatul Qibtiyah<sup>6</sup>, Rizki Jihannisa<sup>7</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Jurusan Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala

Jln. Tgk. Hasan Krueng Kalee, Kopelma Darussalam, Kec. Syiah Kuala, Banda Aceh 23111 INDONESIA

<sup>5</sup>mirmarahmahlubis@yahoo.com

**Abstrak**— Teknik pemisahan dengan teknologi membran telah diaplikasikan secara luas untuk pengolahan air bersih. Untuk menghasilkan kinerja membran yang lebih baik dilakukan modifikasi membran menggunakan kitosan. Membran PES 18% yang dimodifikasi dengan larutan kitosan 1, 3, 5, dan 7% sebagai zat aditif, n-methyl pirrolidone sebagai pelarut, dan aquades sebagai non-pelarut. Pembuatan membran dilakukan menggunakan metode *non-solvent induced phased separation*. Uji Filtrasi fluks dan rejeksi membran menggunakan modul *dead end filtration*. Karakterisasi membran meliputi struktur morfologi membran menggunakan Scanning Electron Microscopy, analisis gugus fungsi menggunakan Fourier Transform Infra Red Spectrophotometry, dan uji kuat tarik menggunakan Universal Testing Machine Hung Ta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi membran polyethersulfone (PES) dengan larutan kitosan memiliki koefisien permeabilitas dalam rentang 10–50 L/m<sup>2</sup>·jam·bar, sehingga termasuk dalam kategori membran ultrafiltrasi. Modifikasi membran PES dengan penambahan kitosan 5% memiliki nilai koefisien permeabilitas terbesar sebesar 37,0199 L/m<sup>2</sup>·jam·bar dan nilai koefisien rejeksi sebesar 73,84%.

**Kata kunci**— membran, polyethersulfone, kitosan, kekuatan tarik, koefisien permeabilitas

**Abstract**— Separation technique with membrane technology has been implemented broadly for dirty water treatment. To result in better membrane performance, membrane modification is carried out with chitosan. Polyethersulfone (PES) membrane 18% is modified with chitosan solution of 1, 3, 5, and 7% as additive, n-methyl pyrrolidone as solvent, and distilled water as non-solvent. The membrane synthesis is carried out with the method of *non-solvent induced phased separation*. The filtration test of membrane flux and rejection uses *dead-end filtration* module. The membrane characterization covers membrane morphology structure with Scanning Electron Microscopy, functional group analysis with Fourier Transform Infra-Red Spectrophotometry, and tensile strength with Universal Testing Machine Hung Ta. The research result shows that PES membrane modification with chitosan solution has permeability coefficient in the range of 10–50 L/m<sup>2</sup>·hr·bar, so it is included in the ultrafiltration membrane category. PES membrane with chitosan addition 5% has permeability coefficient and rejection coefficient values of 37.0199 L/m<sup>2</sup>·jam·bar and 73.84%, respectively.

**Keywords**— membrane, polyethersulfone, chitosan, tensile strength, permeability coefficient

## I. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi manusia terutama untuk keperluan minum maupun keperluan rumah tangga lainnya. Seiring peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan industri, kebutuhan akan air bersih untuk memenuhi kebutuhan domestik dan industri pun meningkat. Hal ini berbanding terbalik dengan terbatasnya ketersediaan air bersih di Indonesia [1].

Teknologi membran merupakan salah satu metode filtrasi untuk pengolahan air dan limbah. Salah satu komponen organik yang terdapat dalam limbah yaitu asam humus. Asam humus merupakan zat organik yang terkandung dalam air permukaan [2]. Teknologi membran banyak digunakan karena memiliki hasil pemisahan yang baik, proses pengolahannya mudah, ramah lingkungan, serta hemat energi [3].

Membran merupakan media berpori berbentuk film dan bersifat semipermeable yang berfungsi untuk memisahkan partikel berdasarkan ukuran dalam suatu larutan. Pemisahan berlangsung karena adanya gaya dorong berupa perbedaan tekanan, konsentrasi, temperatur, dan medan listrik [4]. Membran sintesis dapat dibuat dari bahan organik contohnya polimer dan dapat pula terbuat dari bahan anorganik seperti karbon, zeolite, dan sebagainya [5].

Salah satu polimer yang digunakan dalam pembuatan membran yaitu polietersulfon (PES). PES merupakan polimer organik yang memiliki sifat mekanik dan ketahanan kimia yang baik, stabil serta tahan terhadap temperatur tinggi [6]. Namun polimer PES memiliki kekurangan yaitu bersifat hidrofobik yang dapat menurunkan kinerja membran. Untuk

mengatasi permasalahan tersebut membran perlu dimodifikasi dengan menambahkan larutan kitosan. Kitosan merupakan senyawa polisakarida yang terdiri dari D-glukosamin dan N-asetil-D-glukosamin yang diperoleh dari proses deasetilasi senyawa kitin. Kitosan memiliki sifat hidrofilik, biodegradabel, tidak beracun, dan bersifat antibakteri [7]. Modifikasi dengan penambahan larutan kitosan diharapkan dapat meningkatkan hidrofilisitas sehingga dapat meningkatkan kinerja membran.

Pembuatan membran dilakukan menggunakan teknik inversi fasa. Inversi fasa adalah suatu proses perubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi fasa padat dengan kondisi yang terkendali. Inversi fasa dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti, *non-solvent induced phase separation* (NIPS) dan *thermally induced phase separation* (TIPS), *evaporation induced phase separation* (EIPS), *vapor-induced phase separation* (VIPS). Penelitian ini menggunakan metode NIPS, dimana pada metode ini memiliki tiga komponen yaitu pelarut, non pelarut dan polimer. Larutan antara polimer dan pelarut yang homogen dicetak pada media *support* yang kemudian direndam ke dalam non-pelarut. Dengan demikian pemisahan fasa dan pembentukan membran karena induksi non-pelarut kedalam larutan polimer dan *leach out* pelarut dari larutan polimer [8].

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu, polimer polietersulfon (PES) yang digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan membran berasal dari Solvay Process India Ltd, pelarut N-metilpirolidon (NMP) berasal dari Merck, dan kitosan sebagai zat aditif. Bahan lainnya adalah aquades

sebagai non pelarut dan larutan asam humus sebagai sampel uji koefisien rejeksi membran. Alat yang digunakan adalah timbangan digital, spatula, alumunium foil, gelas vial, gelas ukur 100 ml, labu ukur 100 ml, motor pengaduk, *magnetic stirrer*, ultrasonik, plat kaca, *casting knife*, bak koagulasi, dan seperangkat peralatan *dead end filtration*.

**A. Pembuatan Larutan Kitosan**

Kitosan sebanyak 10 gram dilakukan pengecilan ukuran menggunakan *ball mill* selama 20 jam. Kemudian kitosan diayak selama 15 menit dengan ayakan lolos pada 250 mesh dan tertahan pada 325 mesh menggunakan *vibrator screen*. Pembuatan larutan kitosan dilakukan dengan melarutkan kitosan yang sudah diayak sebanyak 0,5 gram dalam 47,61 mL asam asetat menggunakan labu ukur, kemudian larutan kitosan didiamkan selama 24 jam.

**B. Pembuatan Membran**

Tabel I

Komposisi larutan dope 100% dalam 20 gram

PES (%)	Larutan Kitosan (%)	NMP (%)	Membran
18	0	82	A1
18	1	81	A2
18	3	79	A3
18	5	77	A4
18	7	75	A5

Larutan *dope* dibuat dari polimer PES 18% dengan variasi pelarut NMP sebesar 82, 81, 79, 77 dan 75%, kemudian ditambahkan dengan larutan kitosan sebesar 0, 1, 3, 5 dan 7%. Selanjutnya larutan *dope* diaduk menggunakan *stirrer* hingga homogen. Larutan *dope* yang sudah homogen dimasukkan ke dalam sonikator selama 30 menit. Kemudian larutan *dope* dicetak dengan menuangkannya di atas plat kaca (proses *casting*) dan diratakan ke seluruh permukaan plat kaca dengan menggunakan *casting knife* pada ketebalan 300 µm. Plat kaca dicelupkan ke dalam bak koagulasi yang berisi aquades. Pada tahap ini terjadi proses solidifikasi membran, yaitu perubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi fasa padatan.

**C. Karakterisasi Membran**

Karakterisasi membran dilakukan dengan uji FTIR untuk menganalisis gugus fungsi, uji SEM untuk mengetahui morfologi pada membran dan uji kekuatan mekanik untuk mengetahui kuat tarik membran.

**D. Kinerja Permeasi Air Murni dan Koefisien Rejeksi**

Kinerja membran yang ditinjau untuk proses filtrasi yaitu fluks, koefisien permeabilitas, serta koefisien rejeksi larutan asam humus dengan menggunakan modul *dead end filtration*. Umpan dimasukkan ke dalam lubang pemasangan umpan menuju permukaan membran. Lalu dialirkan gas *inert* nitrogen sebagai gaya pendorong umpan melalui media membran yang berasal dari tabung gas nitrogen dengan tekanan operasi 1; 1.5; 2 dan 2,5 bar. Kemudian permeat ditampung di dalam gelas ukur 100 ml dan diukur laju alir permeat dengan mencatat volume tertampung pada selang waktu 10 menit hingga mencapai volume konstan. Selanjutnya dihitung fluks dan koefisien permeabilitas.

Fluks membran diperoleh dari perubahan volume permeat per satuan waktu dan luas permukaan membran. Persamaan yang digunakan untuk menghitung fluks [9] adalah:

$$J = \frac{1}{A} \frac{dV}{dt} \tag{1}$$

dimana:

- J = fluks (L/m<sup>2</sup>.jam)
- dV = volume permeat (L)
- A = luas permukaan (m<sup>2</sup>)
- dt = waktu (jam)

Koefisien permeabilitas membran menunjukkan kemudahan umpan melewati membran. Persamaan yang digunakan untuk menghitung koefisien permeabilitas membran [9] adalah:

$$L_p = \frac{J}{\Delta p} \tag{2}$$

dimana:

- L<sub>p</sub> = koefisien permeabilitas (L/m<sup>2</sup>.jam.atm)
- J = fluks air (L/m<sup>2</sup>.jam)
- Δp = perubahan tekanan (atm)

Koefisien rejeksi adalah fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran. Persamaan koefisien rejeksi [9] adalah:

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\% \tag{3}$$

dimana:

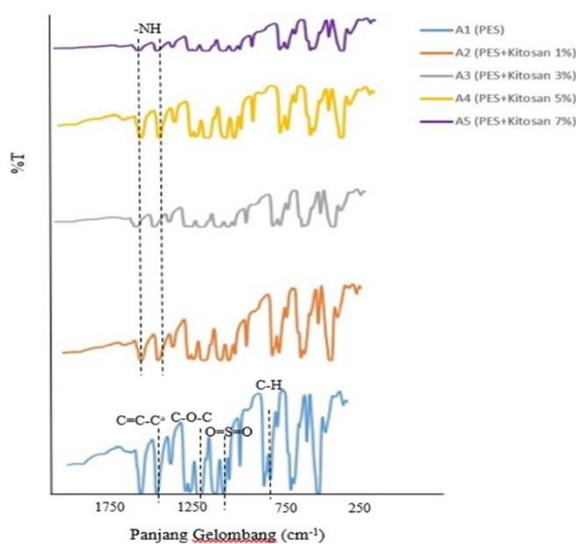
- R = Koefisien rejeksi (%)
- C<sub>p</sub> = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat (mg)
- C<sub>f</sub> = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan (mg)

Koefisien rejeksi asam humus dilakukan dengan mengalirkan larutan asam humus ke dalam modul membran *dead end filtration* pada tekanan 1 bar selama 1 jam dan setiap 10 menit permeat ditimbang. Pada penelitian ini larutan asam humus dibuat dengan melarutkan 50 mg asam humus dalam 1.000 mL aquades. Kemudian dilakukan pengukuran konsentrasi asam humus sebelum dan setelah filtrasi menggunakan spektrofotometer.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Analisa Gugus Fungsi**

Analisis gugus fungsi pada membran A1 tanpa larutan kitosan dan membran A2, A3, A4 dan A5 dengan penambahan larutan kitosan 1, 3, 5 dan 7% diuji menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui adanya gugus fungsi dari polimer polietersulfon (PES), yang dicirikan oleh adanya gugus sulfonat (SO<sub>2</sub>) maupun gugus karbonil. Spektrum IR pada berbagai jenis membran dapat dilihat pada Gambar 1.



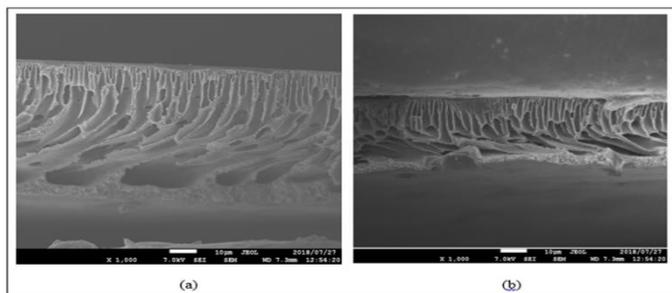
Gambar 1. Spektrum IR pada berbagai jenis membran

Secara umum, spektrum yang ditunjukkan pada Gambar 1 terlihat memiliki struktur spektrum yang hampir sama. Dapat dilihat spektrum FTIR untuk membran A1 terdapat gugus cincin aromatik (C=C-C) pada bilangan gelombang  $1485\text{ cm}^{-1}$ , gugus sulfon (O=S=O) pada gelombang  $1105$  dan  $1147\text{ cm}^{-1}$ , gugus eter aromatik (C-O-C) dengan bilangan gelombang  $1251\text{ cm}^{-1}$  dan C-H aromatik pada gelombang  $626$  dan  $867\text{ cm}^{-1}$ . Rentang bilangan gelombang hasil spektrum FTIR membran PES sesuai dengan bilangan gelombang literatur, dimana untuk gugus cincin aromatik terdapat pada gelombang  $1510 - 1450\text{ cm}^{-1}$ , gugus sulfon pada gelombang  $1200 - 1100\text{ cm}^{-1}$ , gugus eter aromatik pada gelombang  $1270 - 1230\text{ cm}^{-1}$ , dan gugus C-H aromatik pada gelombang  $900 - 670\text{ cm}^{-1}$  [10].

Selain itu dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa pada membran A2, A3, A4 dan A5 terdapat dua buah peak kecil diantara gelombang  $1460-1560\text{ cm}^{-1}$  adalah peak ikatan -NH dalam bentuk amina primer. NH yang terbentuk adalah amina primer karena menghasilkan dua peak kembar [11]. Dari puncak tersebut merupakan gugus yang berada dalam senyawa larutan kitosan sehingga dapat disimpulkan bahwa larutan kitosan yang ditambahkan dengan cara blending berinteraksi dengan PES.

**B. Struktur Morfologi Membran**

Untuk melihat perubahan struktur morfologi membran dapat dilakukan dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM). Pada uji SEM ditampilkan membran A1 (PES tanpa penambahan larutan kitosan) dan membran A2 (PES dengan penambahan larutan kitosan 1%). Struktur morfologi *cross section* membran dengan perbesaran 1000 kali dapat dilihat pada Gambar 2.

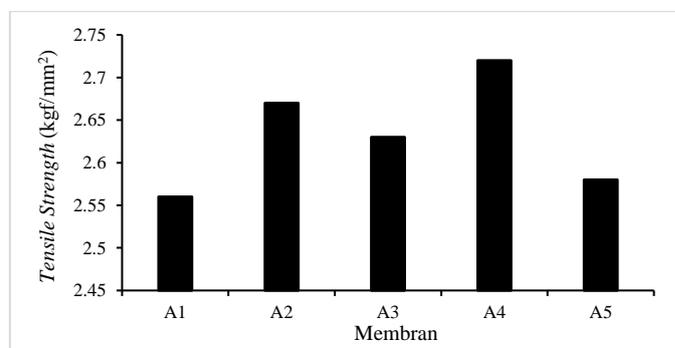


Gambar 2. Struktur morfologi *cross section* (a) membran A1 dan (b) membran A2

Hasil analisis SEM struktur *cross section* membran terlihat bahwa kedua membran merupakan membran asimetris dimana terdapat dua lapisan, yaitu lapisan atas yang tipis dan lapisan bawah memiliki struktur pori berbentuk jari yang berfungsi sebagai pemberi kekuatan mekanik membrane [12]. Pada membran A2 memiliki lapisan atas yang lebih tipis sehingga pori yang terbentuk juga lebih kecil dan rapat dibandingkan dengan membran A1. Konsentrasi larutan kitosan mempengaruhi struktur membran. Semakin tinggi konsentrasi larutan kitosan maka kerapatan partikelnya semakin padat sehingga ukuran pori membran semakin kecil [13].

**C. Uji Kekuatan Mekanik (Tensile Strength)**

Karakterisasi sifat mekanik perlu dilakukan untuk mengetahui kekuatan membran terhadap gaya yang diberikan dari luar yang dapat merusak membran. Semakin rapat struktur membran maka semakin rapat jarak antara molekul yang ada pada membran sehingga memiliki kekuatan tarik yang baik [14]. Hasil kuat tarik pada berbagai membran PES dapat dilihat pada Gambar 3.

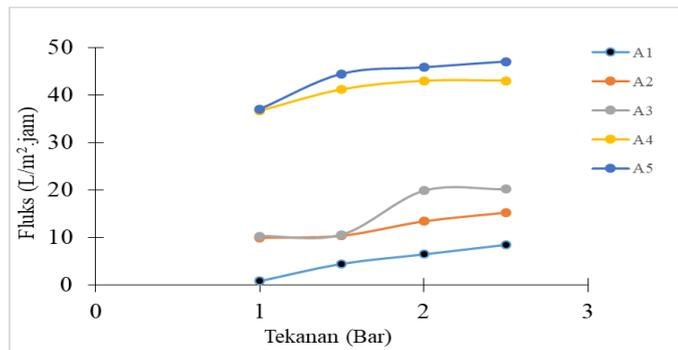


Gambar 3. Hasil uji *tensile strength* pada berbagai jenis membran PES

Membran A1 tanpa larutan kitosan didapat nilai *tensile strength* sebesar  $2,56\text{ kgf/mm}^2$ . Pada membrane A2, A3, A4 dan A5 dengan penambahan larutan kitosan 1, 3, 5, dan 7% didapat nilai *tensile strength* masing-masing sebesar  $2,67$ ;  $2,63$ ;  $2,72$  dan  $2,58\text{ kgf/mm}^2$ . Nilai *tensile strength* membran A1 tanpa larutan kitosan lebih rendah daripada membran dengan penambahan larutan kitosan. Hal ini terjadi karena penambahan larutan kitosan menyebabkan jarak antara molekul dalam membran semakin rapat sehingga membran mempunyai nilai *tensile strength* yang besar [15]. Pada membran A2, A3, A4, dan A5 nilai *tensile strength* mengalami peningkatan dan penurunan. Semakin tinggi konsentrasi larutan kitosan maka nilai *tensile strength* cenderung meningkat karena larutan kitosan dapat membentuk ikatan hidrogen antar rantai sehingga membran menjadi lebih rapat [16]. Menurunnya nilai *tensile strength* pada membran A3 dan A5 kemungkinan karena penyebaran pori yang tidak merata sehingga saat di lakukan uji tarik membran mudah rapuh sehingga memiliki nilai *tensile strength* yang kecil [17].

**D. Fluks**

Uji Filtrasi dilakukan untuk mengetahui besarnya fluks pada membran. Fluks air murni dihitung dari besarnya volume air yang melewati membran per satuan luas permukaan membran per satuan waktu dengan adanya gaya dorong tekanan yang masuk ke dalam alat uji filtrasi. Pengukuran nilai fluks dilakukan untuk mengetahui kemampuan membran dalam melewatkan sejumlah volume umpan. Fluks air murni pada berbagai jenis membran dapat dilihat pada Gambar 4.

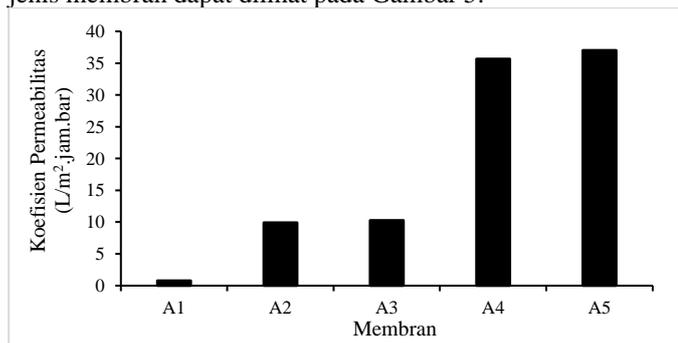


Gambar 4. Flux air murni pada berbagai jenis membran PES

Gambar 4 menunjukkan semakin tinggi tekanan yang diberikan maka nilai flux yang dihasilkan juga semakin tinggi. Peningkatan tekanan pada aliran umpan yang melewati membran menyebabkan deformasi membran sehingga pori membran melebar dan menghasilkan flux yang tinggi [14]. Selain itu peningkatan flux juga disebabkan oleh penambahan konsentrasi larutan kitosan. Semakin tinggi konsentrasi larutan kitosan, membran yang terbentuk memiliki pori yang rapat dan terdistribusi merata sehingga flux semakin tinggi. Adanya peningkatan flux membran disebabkan oleh larutan kitosan yang mengandung gugus hidroksil sehingga membran memiliki sifat hidrofilik [18]. Membran A1 tanpa larutan kitosan pada tekanan 1 bar memiliki nilai flux terendah sebesar 0,7844 L/m<sup>2</sup>.jam sedangkan membran A5 dengan penambahan larutan kitosan 7% pada tekanan 2,5 bar memiliki nilai flux tertinggi sebesar 47,0314 L/m<sup>2</sup>.jam. Berdasarkan hasil uji flux membran A4 dengan penambahan larutan kitosan 5% merupakan membran yang paling baik karena nilai flux yang dihasilkan mengalami peningkatan yang signifikan pada tekanan 2,5 bar.

**E. Koefisien Permeabilitas**

Koefisien permeabilitas air murni adalah kemampuan suatu membran untuk melewatkan air murni berdasarkan tekanan operasinya. Koefisien permeabilitas air murni pada berbagai jenis membran dapat dilihat pada Gambar 5.



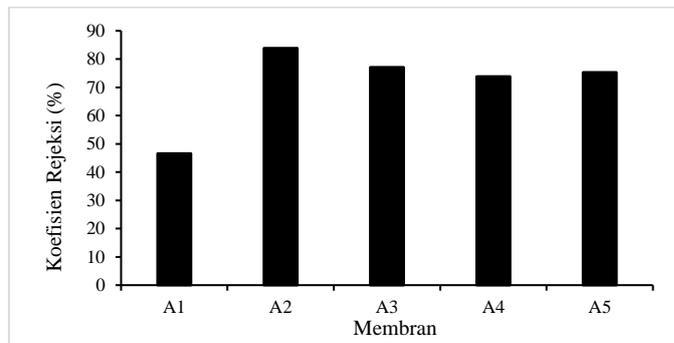
Gambar 5. Koefisien permeabilitas air murni (Lp) pada berbagai jenis membran

Gambar 5 menunjukkan membran A1 memiliki koefisien permeabilitas terendah sebesar 0,7844 L/m<sup>2</sup>.jam.bar. Polymer PES sebagai bahan utama untuk pembuatan membran memiliki kekurangan yaitu bersifat hidrofobik. Hal ini menyebabkan koefisien permeabilitas yang dihasilkan rendah. Modifikasi membran dengan penambahan kitosan berhasil meningkatkan koefisien permeabilitas membran, dimana membran A2, A3, A4 dan A5 memiliki koefisien permeabilitas masing-masing sebesar 9,9134; 10,269; 35,6619; dan 37,0199 L/m<sup>2</sup>.jam.bar. Semakin tinggi nilai koefisien permeabilitas maka solut akan

semakin mudah untuk melewati membran sehingga nilai flux yang dihasilkan juga semakin tinggi [19].

**F. Koefisien Rejeksi**

Koefisien rejeksi merupakan fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak dapat menembus membran. Penentuan koefisien rejeksi diukur dengan spektrofotometer visible terhadap larutan uji. Larutan uji yang digunakan adalah larutan asam humus. Koefisien rejeksi partikel asam humus pada berbagai jenis membran dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Koefisien rejeksi partikel asam humus pada berbagai jenis membran PES

Gambar 4.3 menunjukkan kemampuan koefisien rejeksi terhadap larutan asam humus pada berbagai jenis membran PES. Pada membran A1 tanpa larutan kitosan memiliki koefisien rejeksi sebesar 46,58% sedangkan membrane A2, A3, A4, dan A5 dengan penambahan larutan kitosan memiliki koefisien rejeksi masing-masing sebesar 83,86; 77,10; 73,84 dan 75,30%. Pada membran A1 tanpa larutan kitosan memiliki koefisien rejeksi paling rendah dibandingkan membran dengan penambahan larutan kitosan. Hal ini dikarenakan penambahan larutan kitosan mampu merubah sifat PES yang hidrofobik menjadi hidrofilik. Perubahan sifat hidrofobik membran menjadi hidrofilik menyebabkan membran cenderung menarik air dan meninggalkan partikel di atasnya [20]. Pada membrane A2, A3, A4, dan A5 koefisien rejeksi membran semakin rendah dengan bertambahnya larutan kitosan. Hal ini disebabkan oleh ukuran pori-pori membran yang semakin besar sehingga partikel yang tertahan di permukaan membran lebih sedikit, tetapi pada membran A5 mengalami peningkatan koefisien rejeksi karena pada membran A5 tidak menyebabkan pembesaran pori-pori membran. Kemungkinan hal ini terjadi karena PES tidak mampu lagi menahan larutan kitosan, sehingga larutan kitosan hanya terdistribusi di permukaan membran dan dapat menutupi pori-pori membran [21].

**IV. KESIMPULAN**

Membran PES dengan penambahan larutan kitosan memiliki struktur pori yang lebih rapat dibandingkan dengan membran PES tanpa penambahan larutan kitosan sehingga dapat meningkatkan kinerja dan koefisien rejeksi membran. Selain itu penambahan larutan kitosan mampu mengubah sifat membran PES yang hidrofobik menjadi membran yang hidrofilik. Modifikasi membran Polyethersulfone (PES) dengan larutan kitosan memiliki koefisien permeabilitas dalam rentang 10–50 L/m<sup>2</sup>.jam.bar, sehingga termasuk dalam katagori membran ultrafiltrasi. Modifikasi membran PES dengan penambahan kitosan 5% memiliki nilai koefisien permeabilitas terbesar sebesar 37,0199 L/m<sup>2</sup>.jam.bar dengan nilai koefisien rejeksi sebesar 73,84%.

## REFERENSI

- [1] N. Muhammad, M. Chatarina dan S. Sigit, Analisis Kualitas Air Tanah dan Pola Konsumsi Air Masyarakat Sekitar Industri Kertas PT Jaya Kerta Kecamatan Kertosono Kabupaten Nganjuk, vol. 4, 51-58, 2018.
- [2] D.R. Puspayana dan A. Damayanti, Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Membran Nanofiltrasi Silika Aliran *Cross Flow* untuk Menggunakan Kadar Nitrat dan Amonium, vol. 2, D87–D91, 2013.
- [3] H. Yang, X. Lihao, F. Xia, Z. Yiping dan C. Li, *Dopamine-Induced Nonionic Polymer Coatings for Significantly Enhancing Separation and Antifouling Properties of Polymer Membrane: Codeposition Versus Sequential Deposition*, 539, 421–431, 2017.
- [4] Kesting, *Synthetic Polymeric Membranes, A Structural Perspective*, Ed. John Wiley dan Sons, New York, 1993.
- [5] N. Arahman, Konsep Dasar Proses Pembuatan Membran Berpori dengan Metode *Non-Solvent Induced Phase Separation* - Penentuan *Cloud Point* dan Diagram Tiga Fasa, vol. 9, 68–73, 2017.
- [6] Mukramah, Syawaliah, S. Mulyati dan N. Arahman, *Influence of Brij58 on The Characteristic and Performance of PES Membrane for Water Treatment Process*, 180,012130, 2017.
- [7] J. Wang, L. Wang, H. Yu, Z. Abdin, Y. Chen, Q. Chen, W. Zhou, H. Zhang dan X. Chen, *Recent Progress on Synthesis, Property and Application of Modified Chitosan*, 88, 333–344, 2016.
- [8] M. Kim, G. Kim, J. Kim, D. Lee, S. Lee, J. Kwon dan H. Han, *New Continuous Process Developed for Synthesizing Sponge-Type Polyimide Membrane and Its Pore Size Control Method Via Non-Solvent Induced Phase Separation (NIPS)*, *Microporous Mesoporous Mater*, 242, 166–172, 2017.
- [9] M. Mulder, *Basic Principles of Membrane Technology*, Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 1996.
- [10] J. Coates, *Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach* John Wiley and Sons, New York, 2000.
- [11] R.J. Fessenden dan J.S. Fessenden, *Kimia Organik Jilid I*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1986.
- [12] S. Mulyati, F. Razi, Zuhra, *Characteristic of Polyethersulfone (PES) Asymmetric Membrane with Dimethyl Formamide and N-Methyl Pyrrolidone As Solvent*, 8, 55–62, 2017.
- [13] A.S. Dian, D.A. Bambang dan H. Yusuf, Pengaruh Konsentrasi dan Preparasi Membran Terhadap Karakterisasi Membran Kitosan, vol. 3, 95–99, 2015.
- [14] N. Kusumawati dan S. Tania, Pembuatan dan Uji Kemampuan Membran Larutan Kitosan Sebagai Membran Ultrafiltrasi untuk Pemisahan Zat Warna Rhodamin B, vol.7, 43–52, 2012.
- [15] F.I. Farha dan N. Kusumawati, Pengaruh PVA terhadap morfologi dan kinerja membran larutan kitosan dalam pemisahan pewarna rhodamin-B, *Prosiding Nasional Kimia Unesa*, 169–178, 2012.
- [16] D.A. Setiawan, B.D. Argo, Y. Hendrawan, Pengaruh konsentrasi dan preparasi membran terhadap karakterisasi membran larutan kitosan, *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem*, vol. 3 no.1, 95–99, 2015.
- [17] T.G.I. Aurora dan N. Kusumawati, Pengaruh komposisi blending dan non pelarut terhadap kinerja membran polyvinylidene fluoride (PVDF)-larutan kitosan dalam pemisahan pewarna rhodamin-b, *UNESA Journal of Chemistry*, vol. 4 no.1, 2015.
- [18] U. Yuni, Istirokhatun dan H. Susanto, Pengaruh Penambahan Nano-ZnO dan Nano- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Sebagai Agen Anti Bakteri dalam Pembuatan Membran Selulosa Asetat-Larutan Kitosan Terhadap *Biofouling* yang Disebabkan oleh Bakteri Gram Negatif, vol. 4, 1–11, 2015.
- [19] S. Mulyati, F. Razi dan Zuhra, Karakteristik Membran Asimetris Polietersulfon (PES) dengan Pelarut Dimetil Formamide dan N-metil-2-pyrrolidone, vol. 8, 55–62, 2017.
- [20] A.W. Kusuma, Pengaruh aditif pada pembuatan membran ultrafiltrasi berbasis polisulfon untuk pemurnian air gambut, Laporan Penelitian, Institut Teknologi Bandung, 2013.
- [21] M. Erna, T.A. Amri, R. Yevira, Penggunaan larutan kitosan untuk meningkatkan koefisien permeabilitas (fluks) dan permselektivitas (koefisien koefisien rejeksi) membran selulosa asetat, Repository
- [22] Universitas Riau, 2016.