



## Kajian Transpor Kreatinin Menggunakan Membran Kitosan-Alginat Tertaut Silang Polivinil Alkohol (PVA)

Ni Putu Sri Ayuni<sup>1\*</sup>, Ni Wayan Yuningrat<sup>2</sup> dan Ni Wayan Citra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Pendidikan Ganesha

Jalan Udayana No 11, Singaraja, 81116

<sup>2</sup>Program Studi Analis Kimia, FMIPA Universitas Pendidikan Ganesha

Jalan Udayana No 11, Singaraja, 81116

\*Alamat korespondensi: [nps.ayuni@gmail.com](mailto:nps.ayuni@gmail.com)

(Submisi 29 Agustus 2018 ; Revisi 24 Oktober 2018 ; Penerimaan 24 Oktober 2018)

### ABSTRACT

*The objective of this research was to determine the efficiency of the creatinine transport using chitosan alginate cross linked by polyvinyl alcohol (PVA) 0.1% with 70, 100, and 130 mg/L of creatinine concentration. The subject of this study was the membranes of chitosan alginate PVA, while the object of this study was the efficiency of the creatinine transport. The PVA 0.1% cross-linking chitosan-alginate membrane (1:0.15) was successfully synthesized. The membrane synthesized was characterized by FTIR, as well as tensile and strain test. The FTIR spectra showed that there is a new peak of the amino group of chitosan and carboxyl group of alginate at ca. 1651 cm<sup>-1</sup>. The hydroxyl group appears at ca. 1088 cm<sup>-1</sup> while ester groups at ca. 1088 cm<sup>-1</sup> and ca. 1265 cm<sup>-1</sup> which indicate the cross binding between alginate and PVA. The water uptake test of the chitosan alginate PVA membrane reaches 257.76% for 6 hours. The tensile test results of the membrane before and after creatinine transport are 2.77 MPa and 12.56 MPa while the strain tests yield 14.24% and 18.51%, respectively. The maximum efficiency of the creatinine transport using the chitosan-alginate cross linked by PVA is 51.02% at 130 mg/L creatinine. This creatinine transport result using the PVA cross linking chitosan-alginate membrane are more efficient than chitosan-pectin membrane (25.24%) with the same creatinine concentration.*

**Keywords:** creatinine, chitosan-alginate PVA membrane, transport, synthesis, cross-link.

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai efisiensi transpor kreatinin menggunakan membran kitosan-alginat tertaut silang polivinil alkohol (PVA) 0,1% dengan konsentrasi kreatinin 70, 100 dan 130 mg/L. Subjek dalam penelitian ini adalah membran kitosan-alginat PVA, sedangkan objek penelitian ini adalah pengaruh efisiensi transpor pada variasi konsentrasi kreatinin. Membran kitosan-alginat (1:0,15) tertaut silang PVA 0,1% telah berhasil disintesis. Karakterisasi membran kitosan-alginat tertaut silang PVA diperoleh untuk spektra FTIR membran menunjukkan bahwa telah terjadi pergeseran serapan gugus amino dari kitosan dan gugus karboksil dari alginat pada puncak sekitar 1651 cm<sup>-1</sup>. Pada bilangan gelombang 3363,86 cm<sup>-1</sup> terdapat serapan gugus -OH serta pada bilangan gelombang sekitar 1088 cm<sup>-1</sup> dan 1265 cm<sup>-1</sup> berasal dari gugus ester yang menunjukkan ikatan silang antara alginat dan PVA. Hasil uji serapan air pada membran kitosan-alginat PVA selama 6 jam mencapai rata-rata 257,76%. Hasil uji tarik membran sebelum dan setelah transpor masing-masing: 2,77 MPa dan 12,56 MPa dan untuk hasil uji regang membran sebelum dan setelah transpor masing-masing: 14,24% dan 18,51%. Efisiensi transpor kreatinin pada membran kitosan-alginat tertaut silang

PVA mencapai efisiensi transpor maksimal pada konsentrasi 130 mg/L (51,02%). Efisiensi transpor kreatinin ini lebih tinggi jika dibandingkan menggunakan membran kitosan-pektin (25,24%) pada konsentrasi yang sama.

**Kata kunci:** kreatinin, membran kitosan-alginat PVA, sintesis, transpor, taut silang.

## 1. Pendahuluan

Pada orang sehat ginjal merupakan organ utama yang berfungsi menyaring zat sisa-sisa metabolisme tubuh yang harus dikeluarkan melalui ekskresi (Vanholder dkk., 1992). Penyakit Gagal Ginjal Kronik (GGK) merupakan tahapan akhir ginjal ketika *Glomerular Filtration Rate* atau GFR < 5 mL, sehingga tubuh gagal untuk mempertahankan metabolisme dan keseimbangan cairan dan elektrolit (Ignatavicius, 2006). Akibatnya akan terjadi uremia yaitu penumpukan ureum dan kreatinin dalam darah yang akan mempengaruhi seluruh sistem tubuh. Salah satu cara yang digunakan untuk mengeluarkan senyawa toksin uremat pada penderita gagal ginjal dengan terapi hemodialisis atau cuci darah (Morti dkk., 2003).

Hemodialisis merupakan suatu metode biomedis untuk menggantikan fungsi ginjal dalam proses pembuangan senyawa-senyawa sisa metabolisme keluar dari dalam tubuh. Prinsip utama dari hemodialisis ini adalah difusi partikel melewati suatu membran semipermeabel yang merupakan elemen terpenting dalam alat hemodialisis (Amiji, 1995).

Membran adalah lapisan tipis selektif dan semipermeabel terletak antara dua fase, fase sumber mengandung komponen yang tertahan, dan fase akseptor yang mengandung komponen yang dapat melewati membran. Transportasi melalui membran dicapai karena gradien konsentrasi di kedua fase. Permeabilitas sifat membran berarti bahwa membran dapat memblokir spesies tertentu yang lebih besar dari ukuran pori membran, dan melewati spesies dengan ukuran yang lebih kecil. Sifat selektif membran dapat digunakan dalam proses pemisahan. Untuk digunakan dalam proses hemodialisis, membran harus: (1) memiliki permeabilitas tinggi, yang berarti bahwa membran dapat mengangkut metabolit secepat

mungkin dan (2) menjadi hemokompatibel atau tidak ditolak oleh darah (Deppisch dkk., 1998).

Pada saat ini penelitian tentang pemanfaatan polimer alam sebagai membran khususnya untuk hemodialisis sedang dikembangkan. Kitosan dipilih sebagai material awal pembuatan membran karena keberadaannya yang cukup melimpah di muka bumi dan merupakan biopolimer terbesar kedua setelah selulosa. Membran dengan berbahan dasar kitosan saja tidak dapat langsung digunakan karena strukturnya yang sangat rapuh dan mempunyai ketahanan sobek yang rendah (Nasir dkk., 2005). Alginat yang merupakan polianionik dan kitosan polikationik bila dilarutkan pada kondisi yang tepat dapat berinteraksi satu sama lain melalui gugus karboksil dari alginat dan gugus amina dari kitosan sehingga dapat memperkuat kestabilan membran (Kaban dkk., 2006)

Dalam rangka meningkatkan kekuatan mekanik dari membran kitosan dengan alginat, maka ditambahkan bahan campuran dengan polimer lebih hidrofilik seperti PVA. Polivinil alkohol adalah polimer bersifat hidrofilik, elastis, tidak beracun, dan polimer *biodegradable* (Abdel-Mohsen dkk., 2011). Kombinasi antara PVA dan kitosan dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk mempersiapkan membran hemodialisis (Barzin dkk., 2006).

Dari paparan sebelumnya, maka dalam penelitian ini akan dikaji efisiensi membran dengan melakukan transpor kreatinin dengan variasi konsentrasi 70, 100, dan 130 mg/L

## 2. Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu rangkaian alat transpor, pH meter, pengaduk magnet (*magnetic stirrer*), batang pengaduk magnet, neraca analitik, cawan petri, oven, alat pengukur ketebalan, alat penunjang berupa alat-alat gelas, spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV-1800, dan spektrofotometer FTIR

Shimadzu 8201PC, dan alat pengukur uji tarik regang Strograph VG 10-E.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuades, kitosan, alginat, kreatinin,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,4 M;  $\text{NaOH}$  1 M dan 0,4 M, asam pikrat 8,8 mM, dan PVA 0,1%. Bahan-bahan kimia tersebut memiliki kualitas pro analisis (p.a) yang berasal dari Merck.

### 2.1 Pembuatan Membran Kitosan-Alginat Tertaut Silang PVA 0,1%.

Untuk pembuatan membran kitosan-alginat, sebanyak 0,075 g alginat dilarutkan dalam 25 mL akuades dan 0,5 g kitosan dilarutkan dalam 50 mL asam asetat 0,4 M diaduk hingga homogen. Larutan membran kitosan-alginat yang homogen ditambahkan dengan larutan PVA 0,1 g yang dilarutkan dalam 25 mL akuades suhu  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , kemudian diaduk. Larutan dipipet sebanyak 10 mL dan dicetak dalam cawan petri. Larutan diuapkan dalam oven pada suhu  $45\text{ }^\circ\text{C}$ . Membran dalam cawan petri yang telah kering direndam dengan  $\text{NaOH}$  1%. Membran dilepaskan dari cawan petri kemudian dicuci dengan akuades dan dikeringkan. Karakterisasi membran meliputi analisis gugus fungsi dengan spektrofotometer FTIR, uji serapan air, dan uji kekuatan tarik-regang.

### 2.2 Studi Transpor Kreatinin Menggunakan Membran Kitosan-Alginat Tertaut Silang PVA 0,1%.

Membran dipasang pada *chamber* yang memisahkan antara fase sumber dan fase penerima. Dalam fase sumber dimasukkan 50 mL kreatinin untuk transpor kreatinin dan dalam fase penerima dimasukkan 50 mL akuades, masing-masing fase telah dilengkapi dengan batang pengaduk magnet lalu diaduk selama 6 jam dengan diatur pH dengan penambahan larutan *buffer* pH 7,4 dan untuk tiap 2 jamnya diambil masing-masing 2 mL sampel pada fase sumber dan fase penerima. Untuk analisis kreatinin, fase sumber dan fase penerima ditambah berturut-turut larutan asam pikrat 8,8 mM dalam  $\text{NaOH}$  0,4 M didiamkan 36 menit kemudian konsentrasi kreatinin 70, 100 dan 130 mg/L dianalisis dengan

spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

### 2.3 Analisis Data

Dari hasil sintesis dan karakterisasi membran kitosan-alginat tertaut silang PVA 0,1% diperoleh data berupa gugus fungsi, kekuatan tarik dan serapan air. Data tersebut dianalisis secara deskriptif. Dari pengukuran hasil transpor dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis diperoleh data absorbansi dan konsentrasi kreatinin. Dari data tersebut dapat dihitung efisiensi transpor (E) dari konsentrasi kreatinin pada fase penerima ( $C_p$ ) dan fase sumber ( $C_s$ ) (Persamaan 1).

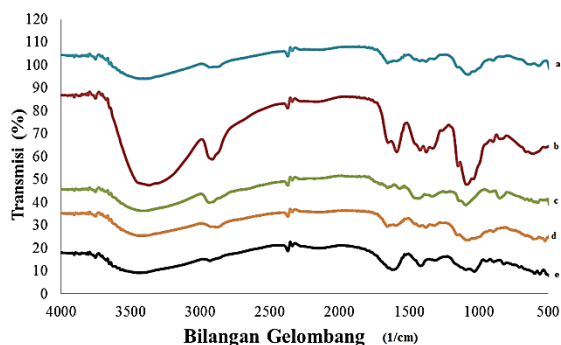
$$E = \frac{C_p}{C_s} \times 100\% \quad (1)$$

## 3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui telah terjadinya interaksi dan terbentuknya struktur antara kitosan-alginat tertaut silang PVA maka dilakukan analisis dengan spektrofotometer IR terhadap hasil sintesis. Spektra IR disajikan pada Gambar 1 sedangkan interpretasi untuk masing-masing bilangan gelombang disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Serapan spektra IR pada membran kitosan-alginat tertaut silang PVA 0,1%**

Material	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )				
	-OH	C=O	-CO	-NH	-COOR
Kitosan	3425,58	1658,78	-	1579,06	-
Alginat	3425,58	1620,21	1033,85	-	-
PVA	3402,43	-	1442,75 1095,57	-	-
Membran Sebelum Transpor	3363,86	1651,07	-	-	1265,30 1087,85
Membran Setelah Transpor	3394,72	1651,07	-	-	



**Gambar 1.** Spektra IR yang telah digeser vertikal (a) Membran Setelah Transpor (b) Membran Sebelum Transpor (c) PVA (d) Kitosan (e) Alginat

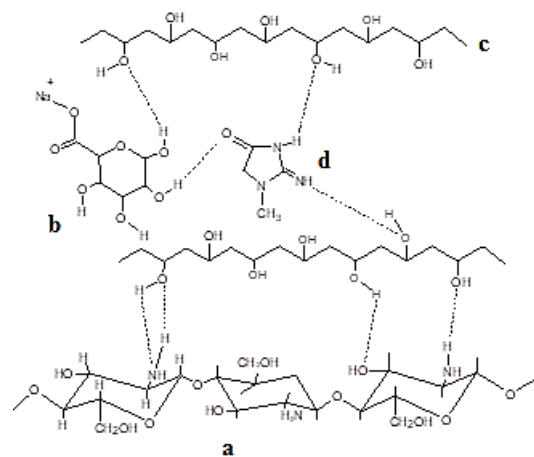
Membran kitosan-alginat tertaut silang PVA disintesis dari pengadukan kitosan dalam asam asetat dan alginat dalam akuades. Dalam suasana asam kitosan membentuk polikationik sedangkan alginat membentuk polianionik. Polikationik dan polianionik akan bereaksi membentuk polielektrolit melalui reaksi ionik (Bernabe dkk., 2005).

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa untuk analisis spektrum IR PVA pada bilangan gelombang  $3402,43\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan regang -OH, pada bilangan gelombang  $1442,75\text{ cm}^{-1}$  dan  $1095,57\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan gugus -CO. Dari analisis spektrum IR kitosan menunjukkan puncak  $3425,58\text{ cm}^{-1}$  terdapat ikatan -OH (hidroksil),  $1658,78\text{ cm}^{-1}$  dan  $1579,06\text{ cm}^{-1}$  yang masing-masing mengindikasikan keberadaan ikatan C=O (*stretching*) dan ikatan -NH (*stretching*). Sementara spektrum IR alginat menunjukkan puncak serapan yang karakteristik untuk ikatan -OH (hidroksil), ikatan C=O (karboksil) dan ikatan -CO (karbonil) pada bilangan gelombang masing-masing  $3425,58$ ;  $1620,21$  dan  $1033,85\text{ cm}^{-1}$ .

Hasil spektrum IR membran sebelum transpor menunjukkan bahwa telah terjadi pergeseran serapan gugus amino dari kitosan dan gugus karboksil dari alginat pada puncak  $1651,07\text{ cm}^{-1}$  karena terjadinya interaksi ionik antara gugus amino pada kitosan dan gugus karboksil pada alginat (Kaban, dkk., 2006). Pada bilangan gelombang  $3363,86\text{ cm}^{-1}$  intensitasnya melebar karena keberadaan gugus -OH dari alginat dan PVA (Bernabe dkk., 2005). Penyerapan pada

bilangan gelombang  $1087,85$  dan  $1265,30\text{ cm}^{-1}$  hanya muncul pada spektrum membran, ini dianggap berasal dari gugus ester yang menunjukkan ikatan silang antara alginat dan PVA (Lusiana dkk., 2013). Hasil taut silang ditandai dengan terjadinya pergeseran ke kanan (bilangan gelombang makin rendah=frekuensi vibrasi makin kuat) pada puncak gugus -OH komponen membran dari 3400-an ke 3300-an  $\text{cm}^{-1}$ , yang mengindikasikan terbentuknya ikatan hidrogen (Fithriyah dan Redjeki, 2017).

Berdasarkan interpretasi spektra IR tersebut, maka membran kitosan-alginat tertaut silang PVA telah berhasil disintesis. Dari hasil spektra IR terdapat interaksi antara gugus aktif membran dengan kreatinin yang disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Prediksi interaksi antara gugus aktif membran (a) kitosan, (b) alginat, (c) PVA dengan (d) kreatinin

Uji serapan air dilakukan untuk memprediksi ukuran zat yang bisa terdifusi melalui material-material tertentu. Dari hasil penelitian uji serapan air pada membran kitosan-alginat PVA selama 6 jam mencapai rata-rata 257,76%. Hasil menunjukkan bahwa membran kitosan-alginat dapat mengembang dalam air dan cukup elastis, sehingga membran ini dapat berpotensi untuk digunakan sebagai membran hemodialisa. Hal ini disebabkan ketika suatu biopolimer kontak dengan cairan, maka terjadinya pengembangan akibat adanya termodinamika yang bersesuaian dan adanya gaya tarik yang disebabkan efek silang yang terjadi pada rantai polimer. Ketika membran mengembang, mobilitas rantai polimer

bertambah sehingga memudahkan penetrasi pelarut, selain itu ion-ion kecil yang terperangkap dalam membran berdifusi meninggalkan membran sehingga memberikan peluang yang lebih besar bagi pelarut untuk mengisi ruang-ruang kosong yang ditinggalkan. Pengembangan membran kitosan-alginat kemungkinan disebabkan oleh masih adanya interaksi ionik antara gugus  $\text{NH}_3^+$  dari kitosan dan ion  $\text{COO}^-$  dari alginat membran (Kaban dkk., 2006). Uji serapan air terhadap membran dapat menunjukkan hidrofilitas suatu membran. Semakin banyak komposisi kitosan pada membran akan meningkatkan sifat hidrofilitas membran PVA yang akan meningkatkan jumlah molekul kreatinin yang terdifusi. Paduan antara kitosan dan PVA mempunyai sifat yang tidak rapuh karena terbentuknya ikatan hidrogen yang kuat di antara gugus hidroksil PVA dengan gugus amina atau gugus hidroksil kitosan (Miya dkk., 1984).

Karakterisasi sifat mekanik digunakan untuk mengetahui kekuatan membran terhadap gaya yang berasal dari luar yang dapat merusak membran. Uji regang pada membran dapat dilihat pada nilai *tensile strength* yaitu nilai tegangan membran pada saat putus dan nilai *strain at Fmax* yaitu regangan membran pada saat putus. Data hasil uji regang pada membran kitosan-alginat PVA disajikan pada Tabel 2.

Nr	a0 (mm)	b0 (mm)	Lc (mm)	Fmax (N)	Tensile Strength (MPa)	Strain at Fmax (%)
Membran sebelum transpor	0,028	5	30	0,3876	2,7684	14,2413
Membran setelah transpor	0,0325	5	30	2,0141	12,5595	18,5056

Keterangan :

a0 : tebal (mm)

b0 : lebar (mm)

Lc : Panjang awal (mm)

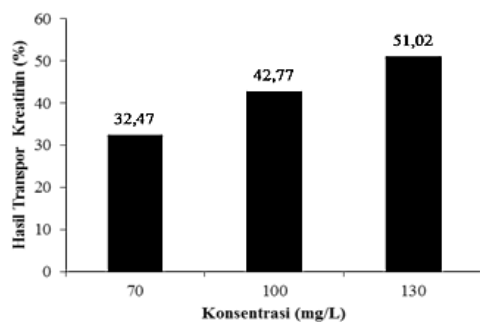
Fmax : tarikan max (N)

Tensile strength: Kuat tarikan (MPa)

Strain at Fmax : Kuat Regang (MPa)

Data menunjukkan bahwa kekuatan tarik membran kitosan-alginat PVA sebelum transpor memberikan hasil yaitu 2,7684 MPa dan untuk membran setelah transpor memberikan hasil terbaik yaitu 12,5595 MPa. Hal ini membuktikan bahwa tingginya konsentrasi kitosan pada membran menyebabkan jarak antar molekul pada kitosan semakin rapat sehingga dapat memiliki kuat tarik yang lebih besar setelah melakukan transpor (Yunianti dan Maharani, 2012). Selain itu peningkatan kuat tarik setelah transpor disebabkan karena efek penguatan jejaring polimer oleh peregangan. Peregangan tautan silang membran karena menyerap molekul pelarut saat transpor dapat menata susunan komponen membran (*strain-induced alignment*) sehingga lebih teratur dan terikat lebih kuat (*strain-induced crystallization*) yang dapat menginduksi peningkatan kekuatan (*strain-induced strengthening*) khususnya kuat tarik setelah transpor (Fithriyah dan Erdawati, 2014). Regangan suatu bahan menunjukkan panjang bahan yang dapat ditarik sampai titik putus atau elastisitas. Untuk membran sebelum transpor memiliki elastisitas yaitu 14,24% dan membran setelah transpor memiliki elastisitas 18,51%. Hal ini menunjukkan bahwa membran setelah transpor mampu menahan gaya yang diberikan dan elastisitas membran dapat menahan zat terlarut pada saat proses transpor sebelum membran putus, dikarenakan dari komposisi membran yaitu PVA yang membuat membran memiliki elastisitas dan kestabilan kimia yang baik. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi kreatinin terhadap hasil transpor dengan menggunakan membran kitosan-alginat tertaut silang PVA dilakukan transpor dengan konsentrasi kreatinin 70, 100 dan 130 mg/L. Membran dibuat dengan memadukan hasil kitosan-alginat tertaut silang PVA untuk transpor kreatinin. Pada transpor membran terfasilitasi (membran yang porinya memiliki gugus aktif), senyawa pembawa memainkan peranan penting. Senyawa pembawa merupakan hal penentu dalam kinerja pemisahan dari fase sumber ke fase penerima. Penentuan konsentrasi optimal dilihat dari transpor kreatininnya.

Transpor kreatinin dipilih karena berat molekul kreatinin (berat molekul 113 g/mol) yang tinggi dapat dianalogikan dengan ukuran molekul yang besar pula serta kreatinin merupakan tolak ukur dalam kinerja ginjal. Data hasil transpor kreatinin disajikan pada Gambar 3. Hasil penelitian aplikasi transpor menunjukkan bahwa semakin lama waktu transpor maka persentase kreatinin yang tertranspor semakin tinggi. Hal ini menunjukkan adanya perimbangan yang tepat antara gugus hidrofil dengan gugus hidrofob dari membran yang dapat membuat permeasi dari kreatinin meningkat karena adanya gugus amina (-NH<sub>2</sub>) dan gugus hidroksil (-OH) pada kitosan yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan kreatinin (Miya dkk., 1984).



**Gambar 3.** Grafik hasil transpor membran kitosan-alginat tertaut silang PVA 0,1% terhadap variasi konsentrasi kreatinin (t = 6 jam)

Transpor kreatinin dipengaruhi oleh konsentrasi zat kreatinin dan jumlah dari gugus hidrofob dan gugus hidrofil. Transpor kreatinin dapat terjadi karena adanya gugus-gugus aktif pada membran. Hasil transpor kreatinin pada membran kitosan-alginat tertaut silang PVA dengan variasi konsentrasi 70, 100 dan 130 mg/L mencapai transpor maksimal pada konsentrasi 130 mg/L (51,02%). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi kreatinin maka zat terlarut yang berpindah pada transpor makin tinggi. Hasil transpor optimal pada konsentrasi 130 mg/L dikarenakan adanya kesesuaian antara banyaknya gugus aktif pembentuk ikatan hidrogen pada senyawa pembawa dengan kerapatan antara gugus aktif senyawa pada membran serta pada variasi konsentrasi kreatinin 130 mg/L. Hal ini diperkuat dengan teori transfer massa yaitu konsentrasi sebanding dengan laju

transfer (Hukum Fick) sehingga untuk durasi transpor yang sama konsentrasi yang tinggi akan meningkatkan efisiensi transpor

#### 4. Kesimpulan

Hasil transpor kreatinin menggunakan membran kitosan-alginat tertaut silang PVA meningkat dengan meningkatnya konsentrasi kreatinin (51,02%). Hasil transpor kreatinin ini lebih tinggi jika dibandingkan menggunakan membran kitosan-pektin (25,24%) pada konsentrasi yang sama. Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan untuk melakukan parameter-parameter pengujian lebih lanjut kemungkinan pemanfaatan membran kitosan-alginat tertaut silang PVA sebagai membran hemodialisa.

#### Daftar Pustaka

- Abdel-Mohsen, A.M., Aly, A.S., Hardina, R., Montaser, A.S., and Hebeish, A., 2011, Biomedical textiles through multifunctionalization of cotton fabrics using innovative methoxypolyethylene glycol-n-chitosan graft copolymer, *J. Polym. Environ.*, 20(1), 104–116.
- Amiji, M., 1995, Permeability and blood compatibility properties of chitosan n-poly (ethylene oxide) blend membranes for haemodialysis, *Biomaterials*, 16, 593–599.
- Ayuni, N.P.S, Siswanta, D., Suratman A., 2013, Kajian transpor kreatinin menggunakan membran kompleks polielektrolit (PEC) kitosan-pektin, *Wahana Matematika dan Sains*, 8(2), 77-95
- Barzin J., Azizi, H., Morshedian, J., 2006, Preparation of silane-grafted and moisture cross-linked low density polyethylene: part i: factors affecting performance of grafting and cross-Linking, *Polym.-Plast. Technol. Eng.*, 45(8), 979–983.
- Bernabe, P., Peniche, C., and Arguelles-Monal, W., 2005, Swelling behavior of chitosan/pectin polyelectrolyte complex membranes. Effect of thermal cross-link, *Polymer. Bull*, 55, 367–375.

- Deppisch, R., Storr, M., Buck, R., Gohl, H., 1998, Blood material interactions at the surfaces of membranes in medical applications, *Sep. Purif. Technol.*, 14(1), 241–254.
- Fithriyah dan Erdawati, 2014, Mechanical properties of paper sheets coated with chitosan nanoparticle, *AIP Conference Proceedings*, 1589(1), 195-199
- Fithriyah dan Redjeki, 2017, Roles of nanoparticle fillers during nanostructure self-assembly in the enhancement of nanocomposites barrier properties, *IMC 2016 Proceedings*, 1, (1)
- Ignatavicius, W., 2006, *Medical Surgical Nursing Critical Thinking for Collaborative Care 2<sup>nd</sup> ed.*, Elsevier Saunders, Ohio
- Kaban, J., Bangun, H., Dawolo, A. K., 2006, Pembuatan membran kompleks polielektrolit alginat kitosan, *Jurnal Sains Kimia*, 10(1), 10–16.
- Lusiana, R. A., Siswanta, D. and Hayashita, T., 2013, The Influence of PVA.cl. citric acid/chitosan membrane hydrophicity, *Indones. J. Chem.*, 13(3), 262–270.
- Miya, M., Iwamoto, R., and Mima, S., 1984, FT-IR study of intermolecular interaction in polymer blends, *J. Polym. Sci., Part B: Polym. Phys.*, 22(6), 1149–1151.
- Morti, S., Shao, J., and Zydney, A., 2003, Importance of asymmetric structure in determining mass transport characteristics of hollow fiber hemodialyzers, *J. Membr. Sci.*, 224(1), 1149–1151
- Nasir, N.F.M., Zain, N. M., Raha, M. G., and Kadri, N. A., 2005, Characterization of chitosan-poly (ethylene oxide) blends as haemodialysis membrane, *Am. J. Appl. Sci.*, 2(12), 1578–1583
- Vanholder, R. C. and Ringoir, S. M., 1992, Adequacy of dialysis: A critical analysis, *Kidney Int.*, 42(3), 540–558
- Yunianti, S., dan Maharani, D., 2012, Pemanfaatan membran kitosan-silika untuk menurunkan kadar ion logam Pb (II) dalam larutan, *UNESA: Journal of Chemistry*, 1, 108–115.