



## PENGARUH KONSENTRASI PADA PEMBUATAN MEMBRAN KITOSAN TERHADAP SELEKTIVITAS ION Zn(II) DAN Fe(II)

Hayyu Fitriah\*), F. Widhi Mahatmanti, dan Sri Wahyuni

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Juli 2012  
Disetujui Agustus 2012  
Dipublikasikan November 2012

Kata kunci:  
adsorpsi  
ion logam Fe(II)  
ion logam Zn(II)  
membran kitosan  
metode *batch*

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi pada pembuatan membran kitosan terhadap selektivitas ion logam Zn(II) dan ion logam Fe(II). Tujuan dalam penelitian adalah mensintesis membran kitosan dan mempelajari pengaruh konsentrasi pada pembuatan membran kitosan terhadap selektivitas ion logam Zn(II) dan ion logam Fe(II). Membran kitosan dibuat dengan variasi konsentrasi kitosan 1%; 1,25%; 1,5%; 1,75% dan 2%. Karakterisasi terhadap membran kitosan hasil sintesis meliputi: uji swelling, uji sifat mekanik membran, uji sifat kimia membran, dan analisis gugus fungsi. Uji kinerja membran terhadap ion logam Zn(II) dan ion logam Fe(II) dilakukan dengan metode *batch*. Berdasarkan uji swelling dan uji sifat mekanik terhadap membran diperoleh hasil terbaik yaitu membran kitosan 1%. Membran kitosan 1% lebih selektif mengadsorpsi ion logam Zn(II) dibandingkan dengan ion logam Fe(II) dengan daya adsorpsi sebesar 1,513 mmol/g membran kitosan, sedangkan Fe(II) hanya 0,391 mmol/g membran kitosan.

### Abstract

The research about the effect of chitosan concentration on the manufacture of chitosan membrane for ion selectivity of the metal ions Zn(II) and metal ions Fe(II) had been done. The purposes of this study was synthesized chitosan membrane and to know the effect of the concentration on the manufacture of chitosan membrane for ion selectivity of the metal ions Zn(II) and metal ions Fe(II). Chitosan membranes were made by varying the concentration of chitosan 1%, 1.25%, 1.5%, 1.75% and 2%. Characterizations of the membrane was included swelling test, mechanical properties membrane test, membrane chemical test, and analysis of functional group. The performance test of the membrane to the metal ions Zn (II) and metal ions Fe (II) was conducted by batch method. Based on the swelling and mechanical properties test of the membrane, the best characteristics of the membrane was obtained for chitosan membrane 1%. Membrane of chitosan 1% adsorption the metal ions Zn (II) more than metal ions Fe (II) with the adsorption of 1.513 mmol/g chitosan membrane, while the Fe (II) was only 0.391 mmol/g chitosan membrane.

## Pendahuluan

Kegiatan industri, pertambangan dan pertanian banyak menghasilkan limbah di perairan. Kontaminan logam berat di perairan masih merupakan permasalahan lingkungan yang penting dan belum terpecahkan. Limbah buangan industri yang berwujud cair biasanya mengandung logam berat yang dapat membahayakan kehidupan di sekitarnya (Darmono, 2001).

Berbagai cara telah digunakan untuk mengurangi keberadaan kontaminan logam berat misalnya dengan memanfaatkan kitosan. Kitosan merupakan hasil deasetilasi kitin, sedangkan kitin dapat diisolasi dari serangga dan jamur, kerangka dan cangkang hewan golongan *Artropoda*, *Molusca*, *Nematoda*, dan *Crustacea* (Mardiah, dkk, 2006).

Beberapa penelitian memperlihatkan bahwa modifikasi terhadap kitosan dapat meningkatkan daya adsorpsi terhadap logam berat, misalnya yang dilakukan oleh Kamelia, S. S (2009) dengan menggunakan kitosan dalam ukuran nano untuk menyerap ion Zn(II) dari limbah cair industri karet. Penggunaan kitosan dalam bentuk membran telah dilakukan oleh Meriatna (2008) untuk menurunkan kadar logam krom (Cr) dan nikel (Ni) dalam limbah cair industri pelapisan logam dengan menggunakan konsentrasi optimum membran kitosan 2% untuk menurunkan kadar logam Ni dan 3% untuk logam Cr. Sedangkan Bimbing H dan Eko S (2006) juga telah menggunakan membran kitosan yang telah dimodifikasi menjadi membran komposit selulosa-kitosan terikat silang dengan glutaraldehid sebagai agen pengikat silang logam Pb(II) dengan menggunakan konsentrasi optimum membran kitosan 1%. Liu *et al* (2003) telah mensintesis membran kitosan dengan menambahkan partikel silika sebagai porogen untuk meningkatkan afinitas adsorpsi Cu (II) pada urea dengan menggunakan konsentrasi optimum membran kitosan 2%.

Penggunaan membran tersebut sebagian besar menggunakan konsentrasi membran kitosan dengan interval 1%. Hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa konsentrasi membran kitosan optimum adalah 1% untuk logam Pb(II), 2% untuk logam Cr(III) dan Cu(II) serta 3% untuk logam Ni(II) dengan penggunaan konsentrasi membran kitosan untuk menurunkan kadar logam adalah 1% sampai 6% dengan jangka interval 1%.

Tujuan dalam penelitian ini adalah mensintesis membran kitosan menggunakan konsentrasi membran kitosan dengan jangka interval 0,25% dari hasil penelitian diatas yaitu 1%; 1,25%; 1,5%; 1,75% dan 2% supaya kemungkinan mendapatkan hasil penggunaan konsentrasi membran kitosan optimum yang lebih kecil dari hasil penelitian sebelumnya yaitu <1%, <2% dan <3% dalam menentukan selektivitas logam Zn(II) dan Fe(II).

Penelitian ini mengkaji tentang adanya pengaruh konsentrasi kitosan pada pembuatan membran kitosan terhadap selektivitas ion logam Zn(II) dan Fe(II). Konsentrasi kitosan akan di variasi dari 1%; 1,25%; 1,5%; 1,75% dan 2% dalam larutan asam formiat 5%. Adsorpsi ion logam Zn(II) dan Fe(II) dilakukan dengan sistem rendam (*batch*), yaitu membran kitosan akan direndam dalam larutan yang mengandung ion logam Zn(II) dan Fe(II) dengan konsentrasi 100 ppm sebanyak 50 mL pada suhu kamar selama 24 jam. Jumlah logam yang tidak terserap oleh membran kitosan, diukur dengan spektrofotometer serapan atom. Adsorpsi ion logam pada membran kitosan akan diuji dengan metode regresi linier.

Tujuan penelitian ini juga untuk mengetahui pengaruh konsentrasi kitosan pada pembuatan membran kitosan terhadap selektivitas ion logam Zn(II) dan Fe(II).

## Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas (Pirex), *Magnetic stirrer* (IKAMAG), pipet tetes, neraca analitik (Ohaus), spektrofotometer serapan atom (Perkin Elmer), spektrometer FTIR (avatar 380), *Tensile strength* (Pearson Panke Equipment LTD), corong *Buchner*, cetakan membran. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan dari Institut Pertanian Bogor, natrium hidroksida (E. Merck), Asam formiat (E. Merck), akuades, kertas saring (Whatman 42), Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O (E. Merck), FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (E. Merck). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi kitosan dalam pembuatan membran kitosan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah penurunan kadar ion Zn(II) dan Fe(II). Dalam penelitian ini, variabel yang dikendalikan dibedakan menurut prosesnya. Variabel terkendali pada proses preparasi membran kitosan adalah konsentrasi pelarut konsentrasi (asam formiat 5%), ketebalan membran, waktu kontak, pH. Variabel terkendali adalah waktu kontak, cara

kerja dan alat-alat penelitian.

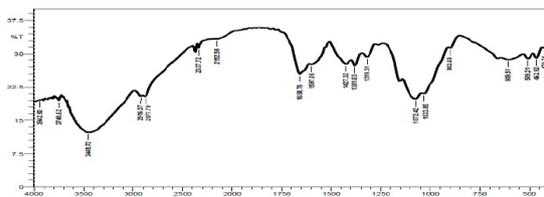
Kitosan yang diperoleh dari IPB (Institut Pertanian Bogor) dikarakterisasi gugus fungsionalnya menggunakan Spektrometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Karakteristik kitosan meliputi derajat deasetilasi (Yuliusman, 2009). Preparasi larutan kitosan dilakukan dengan cara sebanyak 1% kitosan ditambahkan dalam asam formiat 5%. Larutan kemudian dicampur sampai homogen dengan stirer. Perlakuan tersebut diulang untuk kitosan 1,25%; 1,5%; 1,75% dan kitosan 2%. Larutan yang homogen, dituangkan perlahan di atas cetakan. Membran yang dihasilkan, dikeringkan di udara terbuka agar pelarutnya menguap. Setelah membran yang dihasilkan kering dan membran terkelupas, membran direndam dalam NaOH 5% semalam pada suhu kamar kemudian dicuci dengan akuades dan dikeringkan, lalu dilakukan uji *swelling*, uji mekanik, dan uji sifat kimia membran kitosan (Hartanto., dkk, 2007).

$$\text{Swelling} = \frac{W \text{ basah} - W \text{ kering}}{W \text{ kering}} \times 100 \%$$

Membran kitosan direndam dalam 50 mL larutan sampel yang mengandung ion logam Zn(II) dan Fe(II) selama 24 jam. Larutan logam yang tidak terserap membran kitosan kemudian dianalisis dengan SSA. Prosedur ini juga dilakukan untuk semua variasi membrane kitosan 1%; 1,25%; 1,5%; 1,75% dan kitosan 2%.

### Hasil dan Pembahasan

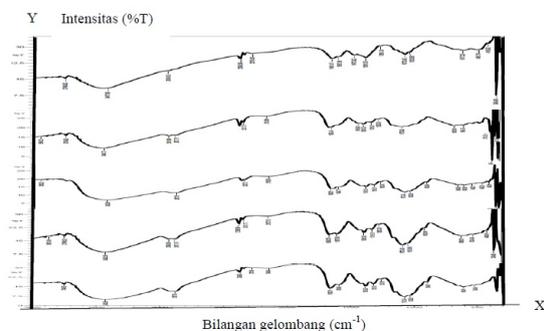
Dari analisa FTIR derajat deasetilasi kitosan yang digunakan untuk pembuatan membran kitosan pada percobaan ini sebesar 83,30%. Hal ini sesuai dengan standar derajat deasetilasi kitosan yang ada, menurut Apsari (2010) bahwa kitin dengan derajat deasetilasi di atas  $\geq 70\%$  dianggap sebagai kitosan. Hasil Karakterisasi Kitosan ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Spektra FTIR kitosan

Spektra inframerah kitosan sebagaimana terlihat pada Gambar 1, menginformasikan adanya pita serapan pada panjang gelombang

3448  $\text{cm}^{-1}$  muncul vibrasi ulur pada gugus -OH. Pada bilangan gelombang 1658  $\text{cm}^{-1}$  merupakan vibrasi bengkokan keluar bidang N-H, sebagai tambahan pita lebar pada sekitar 902  $\text{cm}^{-1}$  memberikan dukungan bahwa ragam bengkokan keluar bidang N-H adalah gugus amina primer (-NH<sub>2</sub>). Adanya serapan pada bilangan gelombang 2916  $\text{cm}^{-1}$  akibat adanya senyawa C-H alifatik, sedangkan gugus aromatik muncul pada bilangan gelombang 1597  $\text{cm}^{-1}$ . Serapan yang muncul pada bilangan gelombang 1427  $\text{cm}^{-1}$  merupakan gugus alkil. Bilangan gelombang 1381  $\text{cm}^{-1}$  berasal dari gugus bengkokan -CH<sub>2</sub> dan -CH<sub>3</sub>. Bilangan gelombang 1072  $\text{cm}^{-1}$  merupakan vibrasi rentangan C-O. Harga % deasetilasi dari kitin yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 83,30%.



**Gambar 2.** Spektra FTIR membran kitosan dengan variasi konsentrasi

Dari hasil analisa FTIR diatas dari membran kitosan 1% sampai membran kitosan 2% tidak ada perubahan yang menonjol karena rentang konsentrasi yang dipakai untuk pembuatan membran kitosan dekat yaitu 0,25% sehingga perbedaannya tidak terlalu signifikan. Perubahan yang terlihat diantara kelima hasil analisa FTIR membran kitosan terletak pada gugus amina dan gugus amidanya. Hasil spektra FTIR membran kitosan dengan variasi konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 1.

*Swelling* adalah peningkatan volume atau berat suatu material pada saat kontak dengan cairan, gas, atau uap. Pengujian ini dilakukan untuk memprediksi ukuran zat yang bisa terdifusi melalui material-material tertentu. Membran kitosan mengembang, mobilitas rantai polimer bertambah sehingga memudahkan penetrasi pelarut dan 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

(Kaban *et al.*, 2009). Membran kitosan memiliki sifat yang hidrofilik dan selektif terhadap air sehingga air dapat mudah berdifusi, sementara sisanya masih memiliki sifat yang hidrofobik atau tidak dapat berinteraksi dengan air karena masih terdapat gugus asetil yang tersisa dan tidak dapat terkonversi menjadi gugus amina (Ridwan, dkk, 2011). Hasil uji *swelling* membran kitosan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Hasil spektra FTIR membran kitosan dengan variasi konsentrasi

No.	Ikatan	Bilangan Gelombang Literatur (cm <sup>-1</sup> )	Membran Kitosan	Bilangan Gelombang yang di dapat (cm <sup>-1</sup> )
1	N-H (amina)	3500-3100	1%	3425.58
			1.25%	
			1.50%	
			1.75%	
			2%	
2	C-H	3000-2800	1%	2877.79
			1.25%	
			1.50%	
			1.75%	
			2%	
3	C=O (amida)	1670-1600	1%	1658.78
			1.25%	
			1.50%	
			1.75%	
			2%	
4	C-N	1400-1000	1%	1381.03
			1.25%	
			1.50%	
			1.75%	
			2%	

Sumber : Fessenden, J.R, 1999

**Tabel 2.** Hasil uji swelling membran kitosan

No.	Membran Kitosan	Hasil Uji Swelling					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1	1%	126.36%	122.86%	127.08%	130.69%	128.63%	127.12%
2	1.25%	119.04%	122.62%	128.12%	126.99%	136.35%	126.620%
3	1.5%	110.55%	101.80%	100.64%	115.69%	98.54%	105.44%
4	1.75%	96.42%	96.87%	95.83%	97.13%	96.24%	96.49%
5	2%	86.71%	92.93%	95.62%	91.54%	92.35%	91.83%



**Gambar 3.** Kurva hasil uji swelling membran kitosan

Berdasarkan Gambar 3, terlihat persen *swelling* membran kitosan yang berbanding terbalik dengan konsentrasi membran kitosan. Semakin banyak konsentrasi membran kitosan yang digunakan maka persen *swelling* membran kitosan cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena banyaknya molekul air yang cukup sulit untuk berdifusi masuk ke dalam struktur membran kitosan dan kemungkinan terjadi aglomerasi atau penumpukan suatu material yang membuat pori dipermukaan membran berkurang, sehingga memungkinkan air lebih sulit masuk kedalam membran.

Membran kitosan yang telah dicetak dikarakterisasi secara mekanik dengan menggunakan alat uji *Tensile Strength*. Uji *Tensile Strength* ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar daya tarik membran kitosan. Pengaruh konsentrasi kitosan terhadap nilai kuat tarik membran kitosan dapat dilihat pada Tabel 3.

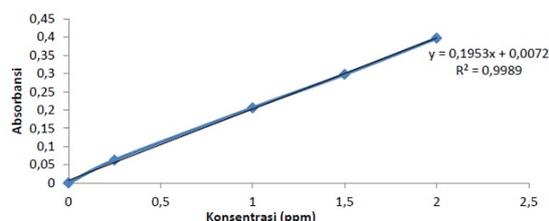
**Tabel 3.** Hasil uji Tensile Strength membran kitosan

No.	Membran Kitosan	Tebal (cm)	Lebar (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	P <sub>max</sub> (kg)	Kuat Tarik (Mpa)
1	1%	1,5.10 <sup>-2</sup>	0,75	11,25.10 <sup>-3</sup>	1,30	11,329
					1,19	10,370
					0,90	7,843
2	1,25%	2,25.10 <sup>-2</sup>	0,75	16,87.10 <sup>-3</sup>	0,51	2,964
					0,72	4,184
					1,25	7,264
3	1,5%	2,28.10 <sup>-2</sup>	0,75	17,1.10 <sup>-3</sup>	1,24	7,109
					1,52	8,714
					1,60	9,173
4	1,75%	3,375.10 <sup>-2</sup>	0,75	25,31.10 <sup>-3</sup>	1,75	6,779
					1,81	7,011
					1,84	7,127
5	2%	4,05.10 <sup>-2</sup>	0,75	30,38.10 <sup>-3</sup>	1,74	5,615
					1,72	5,551
					1,82	5,873

Berdasarkan Tabel 3 hasil uji *Tensile Strength* membran kitosan dapat diketahui bahwa pada membran kitosan yang memiliki daya tarik lebih tinggi adalah membran kitosan 1% dengan kuat tarik membran sebesar 9,847±2,004 Mpa.

Kitosan yang dilarutkan dalam asam asetat 1% dengan konsentrasi 3% berat kitosan/volume larutan, diperoleh bahwa semakin banyak konsentrasi kitosan yang ditambahkan akan menghasilkan membran dengan kuat tarik yang semakin kecil (Butler *et al.*, 1996). Hal ini menyebabkan berkurangnya kuat tarik membran dengan adanya penambahan kitosan yang semakin banyak.

Kurva kalibrasi dibuat dari pengukuran adsorbansi masing-masing seri larutan Zn(II) mulai dari 0; 0,25; 1; 1,5 dan 2 ppm, kemudian dibuat grafik hubungan konsentrasi dengan adsorbansi seperti terlihat pada Gambar 4.

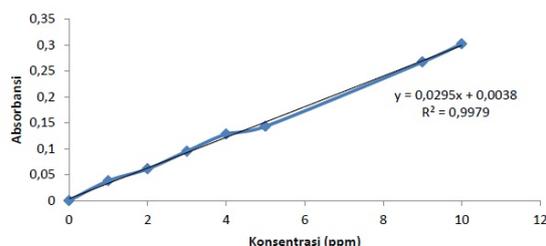


**Gambar 4.** Kurva Kalibrasi Ion Zn(II)

Gambar 4 menunjukkan kurva kalibrasi larutan Zn(II) memiliki persamaan garis lurus  $y = 0,195x + 0,007$ . Persamaan ini dipakai untuk

mengkonversi harga adsorbansi hasil penelitian menjadi konsentrasi.

Kurva kalibrasi dibuat dari pengukuran adsorbansi masing-masing seri larutan Fe(II) mulai dari 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9 dan 10 ppm, kemudian dibuat grafik hubungan antara konsentrasi dengan adsorbansi seperti terlihat pada Gambar 5.

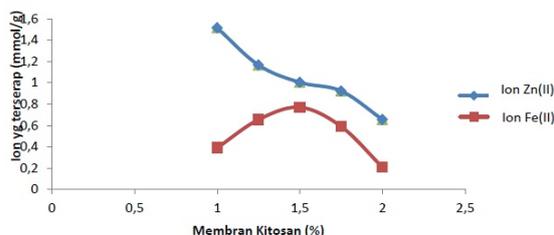


**Gambar 5.** Kurva kalibrasi ion Fe(II)

Gambar 5 menunjukkan kurva kalibrasi larutan Fe(II) memiliki persamaan garis lurus  $y = 0,029 x + 0,003$ . Persamaan ini dipakai untuk mengkonversi harga adsorbansi hasil penelitian menjadi konsentrasi.

**Tabel 4.** Hasil aplikasi membran kitosan terhadap ion Zn(II) dan Fe(II) secara kompetisi

No.	Membran Kitosan	Kadar Ion Logam Zn(II) / Fe(II)		
		Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Ion yang terserap Zn(II)(mmol/g) Fe(II)(mmol/g)
1	1%		4/76	1,513 0,391
2	1,25%		9/55	1,165 0,655
3	1,5%	95/96	11/41	1,003 0,769
4	1,75%		7/48	0,922 0,589
5	2%		6/72	0,655 0,207



**Gambar 6.** Kurva hasil aplikasi ion Zn(II) dan Fe(II) secara kompetisi

Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul atau interaksi kimia. Pada adsorpsi kimia melibatkan ikatan koordinasi sebagai hasil penggunaan elektron secara bersama-sama oleh adsorben dan adsorbat. Kecepatan adsorpsi dari larutan bergantung pada beberapa faktor diantaranya ukuran dan struktur molekul adsorbat, sifat dasar pelarut, dan sifat menyerap dari adsorben. Suatu kation yang mempunyai daya polarisasi tinggi disenangi oleh ligan karena kerapatan muatan positif tinggi sehingga menghasilkan intraksi kuat. Ion-ion logam yang bermuatan

positif besar, bilangan oksidasi tinggi memberikan polarisabilitas kecil dikelompokkan dalam asam keras dan sebaliknya ion-ion yang bermuatan kecil atau nol termasuk dalam kelompok asam lunak. Ligan-ligan dengan atom donor yang sangat elektronegatif merupakan basa keras (Meriatna, 2008).

Menurut konsep Lewis, asam adalah spesi yang dapat menerima pasangan electron dan basa adalah suatu spesi yang dapat mendonorkan pasangan elektron. Asam dan basa keras umumnya dijelaskan dari segi interaksi ionik, sedangkan asam dan basa lunak lebih dapat dibandingkan dengan asam dan basa keras dan lebih bersifat kovalen. Asam keras cenderung mengikat basa keras, asam lunak mengikat basa lunak. Kuat ikatan semakin besar jika polaritas semakin besar. Ditinjau dari kekuatan asam, dalam teori HSAB (*Hard Soft Acid Base*) oleh Pearson, ion Zn(II) dan Fe(II) digolongkan kedalam Border Line. Ion Zn(II) memiliki jari-jari sebesar 0,74Å dan Fe(II) memiliki jari-jari sebesar 0,78Å. Ion Zn(II) memiliki tingkat keasaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan ion Fe(II) sehingga ion Zn(II) lebih mudah berikatan dengan gugus aktif yang terdapat pada membran kitosan. Dari Tabel 4 dapat dilihat membran kitosan optimum dalam menyerap ion logam Zn(II) adalah membran kitosan 1% dengan waktu kontak 24 jam yang disebabkan ion Zn(II) banyak terikat pada gugus amino kitosan dengan konsentrasi akhir ion yang diturunkan sebanyak 4 ppm dengan penyerapan 1,513 mmol per 0,046 g membran kitosan. Hasil perhitungan dari grafik, diperoleh kapasitas adsorpsi maksimum ion logam Zn(II) lebih besar daripada ion logam Fe(II). Hal ini dikarenakan ion logam Zn(II) memiliki sifat asam keras daripada ion logam Fe(II) tetapi keduanya merupakan golongan asam *borderline*. Menurut teori HSAB (*Hard Soft Acid Base*) yaitu asam keras akan mudah berinteraksi dengan basa keras, sedangkan asam lemah mudah berinteraksi dengan basa lemah, sehingga ion logam Zn(II) akan mudah berinteraksi dengan situs aktif dari kitosan yaitu gugus amina (-NH) dan gugus hidroksi (-OH) yang merupakan basa keras (Robert, 1992).

### Simpulan

Hasil penelitian membawa kepada kesimpulan bahwa semakin besar konsentrasi kitosan yang digunakan pada pembuatan membran kitosan semakin rendah daya

selektivitas dalam menyerap ion logam Zn(II) dan Fe(II). Pada penelitian ini, membran kitosan yang paling efektif adalah membran kitosan dengan konsentrasi 1%. Adsorpsi maksimum Zn(II) pada membran kitosan sebesar 1,513 mmol/g dan Fe(II) sebesar 0,391 mmol/g, sehingga membran kitosan lebih selektif mengadsorpsi Zn(II) dibandingkan dengan mengadsorpsi Fe(II).

#### Daftar Pustaka

- Apsari, Ajeng, T., & Dina, F. 2010. *Studi Kinetika Penjerapan Ion Khromium dan Ion Tembaga Menggunakan Kitosan Produk dari Cangkang Kepiting*. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Bimbing Herwanto dan Eko Santoso. 2006. Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Pada Membran Selulosa-Khitosan Terikat Silang. *Akta Kimindo*. Vol. 2 No. 1, 9 - 24.
- Butler, B. L., Vergano, P. J., dan Wiles, J. L. 1996. Mechanical and Barrier Properties of Edible Chitosan Film as affected by Composition and Storage. *Journal of Food Science*. Vol. 61. No.5, 953-956.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Jakarta: UI-Press.
- Fessenden, J. Ralph & Joan S. Fesenden. 1999. *Kimia Organik 2 jilid 1*. Penerbit Airlangga.
- Hartanto, S., S. Handayani, L. Marlina, & Latifah. 2007. Pengaruh Silika Pada Membran Elektrolit Berbasis Polieter Eter Keton. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 8(3): 205-208.
- Kaban, Jamaran. 2009. *Modifikasi Kimia dari Kitosan dan Aplikasi Produk yang dihasilkan*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Kamelia, S. S. 2009. *Pengaruh Derajat Deasetilasi Nano Kitosan untuk Menyerap Ion Zn<sup>2+</sup> dari Limbah Cair Industri Karet*. Skripsi. Medan : Jurusan Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Liu Jiahao, Xin Chen, Zhengzhong Shao, & Ping Zhou. 2003. Preparation and Characterization of Chitosan/Cu(II) Affinity Membrane for Urea Adsorption. *Inc. J Appl Polym Sci* , 90 : 1108-1112.
- Mardiah, Agus Widodo & Andy Prasetyo. 2006. Potensi Kitosan Dari Sisa Udang Sebagai Koagulan Logam Berat Limbah Cair Industri Tekstil. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 9(5): 105-108.
- Meriatna. 2008. *Penggunaan Membran Kitosan Untuk Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr) dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam*. Tesis. Medan: Teknik Kimia UNSUT Medan.
- Ridwan, Iwan & Rispiandi. 2011. Pembuatan Membran Komposit dari Kitin Sekam Padi untuk Proses Pervaporasi. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 5(3): 172-175.
- Robert, G. A. F., 1992, Chitin Chemistry, *Journal of Chemical Science*, 54 page 58-59, 211-215.
- Yuliusman. 2009. *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*. Prosiding Vol.1. Bandung: ITKI.