



SINTESIS MEMBRAN KITOSAN-SILIKA ABU SEKAM PADI UNTUK FILTRASI ION Cd^{2+} DAN Cu^{2+}

Dyah Setyaningrum*), Eko Budi Susatyo dan Mohammad Alauhdin

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

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

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima April 2014
Disetujui April 2014
Dipublikasikan Mei 2014

Kata kunci:
kitosan
silika
membran
filtrasi

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi komposisi silika terhadap karakteristik membran kitosan-silika abu sekam padi untuk filtrasi ion logam Cd^{2+} dan Cu^{2+} . Silika dalam abu sekam padi hasil sintesis adalah sebesar 61,9093%, karakterisasi kristalinitasnya menggunakan XRD. Sintesis membran kitosan-silika dibuat dengan berbagai variasi komposisi, yaitu 1:0; 1:0,5; 1:1; 1:1,5 dan 1:2. Membran hasil sintesis ini kemudian diidentifikasi gugus fungsi menggunakan FT-IR, karakterisasi penampang homogenitasnya dengan *Digital CCD Microscope MS-804*, uji *index swelling*, serta aplikasi membran untuk filtrasi ion logam ditinjau dari uji selektifitas membran. Berdasarkan hasil spektra FT-IR, didapatkan adanya gugus fungsi baru, yaitu Si-OH, Si-O-Si, dan CO-NH₂. Aplikasi membran untuk filtrasi ion logam Cd^{2+} dan Cu^{2+} diperoleh membran optimum dengan perbandingan 1:2 pada konsentrasi 10 ppm. Koefisien rejeksi tertinggi membran kitosan-silika untuk filtrasi ion logam Cd^{2+} dan Cu^{2+} masing-masing adalah 48,8372% dan 71,5789%. Penurunan kemampuan filtrasi ion logam Cd^{2+} dan Cu^{2+} terjadi setelah penggunaan ke 3 dengan koefisien rejeksi masing-masing menjadi 20,9302% dan 46,3158%.

Abstract

The purpose of this research to determine the effect of addition of variations in the composition of silica to the characteristics of silica-chitosan membrane of rice husk ash for filtration of metal ion Cd^{2+} dan Cu^{2+} . Silica in the rice husk ash as a result of synthesis is 61.9093%, crystallize characterization using XRD. Synthesis silica-chitosan membrane is made by variations composition ratio of chitosan and silica, i.e. 1:0, 1:0.5, 1:1, 1:1.5 and 1:2. Membranes as a result of synthesis are then identified its functional groups using FT-IR, cross-sectional homogeneity characterization by Digital CCD Microscope MS-804, swelling index test, and the application of membrane for filtration of metal ion in the term of selectivity membrane. Based on the result of FT-IR spectra, it obtained new functional groups, i.e. Si-OH, Si-O-Si, and Co-NH₂. The application of membrane for filtration of metal ion Cd^{2+} and Cu^{2+} is optimum when the ratio is 1:2 in the 10 ppm concentration. The highest coefficient rejection of silica-chitosan membrane for filtration of metal ion Cd^{2+} and Cu^{2+} is 48.8372% and 71.5789%, respectively. Decreasing in filtration ability of metal ion Cd^{2+} and Cu^{2+} occur after third used, with coefficient rejection 20.9302% and 46.3158%, respectively.

Pendahuluan

Pembakaran sekam padi akan menghasilkan abu dengan komponen utama berupa silika yang secara kimia bersifat *inert*, hidrofobik dan transparan. Selain itu silika juga mempunyai kekuatan mekanik dan stabilitas termal yang tinggi serta tidak mengembang dalam pelarut organik (Bhatia, dkk; 2000). Silika adalah bahan kimia yang pemanfaatannya dan aplikasinya sangat luas. Salah satu pemanfaatan serbuk silika adalah sebagai bahan pembuatan membran padat.

Membran sering digunakan pada proses pemisahan molekul terlarut dari larutannya. Filtrasi dengan menggunakan membran mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode pemisahan konvensional antara lain pemisahan dapat dilakukan pada suhu kamar sehingga relatif hemat energi, tidak memerlukan bahan kimia tambahan, lebih bersih, dan ramah lingkungan. Membran silika memiliki keterbatasan, yaitu selektivitas rendah (Buhani, dkk; 2009). Bahan lain yang dapat digunakan untuk sintesis membran agar diperoleh membran dengan karakteristik yang baik adalah kitosan.

Kitosan mengandung gugus amina bebas yang memberikan karakteristik sebagai penukar ion. Kitosan merupakan salah satu bahan polimer organik yang dapat dimanfaatkan sebagai membran. Namun, kelarutan yang terbatas pada kitosan menyebabkan keterbatasan dalam aplikasinya, serta menghasilkan membran yang tidak berpori, sehingga perlu dilakukan modifikasi untuk meningkatkan manfaat membran kitosan tersebut dengan cara mengatur ukuran pori permukaannya. Membran kitosan akan memiliki pori apabila ditambahkan zat aditif atau pembentuk pori (porogen). Ukuran pori-pori pada membran kitosan dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan aplikasi (Ruckenstein & Kong; 1999). Modifikasi dilakukan terhadap gugus hidroksil dan amina pada unit glukosamin pada kitosan.

Melihat potensi dari silika dan kitosan, kedua material tersebut dapat dibuat membran, salah satu aplikasinya adalah untuk filtrasi logam berbahaya di perairan. Logam berat yang berada di lingkungan dapat membahayakan makhluk hidup terutama manusia bila ikut masuk ke dalam rantai makanan. Logam berat yang memberi dampak negatif terhadap kesehatan diantaranya Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr, Mn & Fe (Endang, dkk; 2003). Logam tembaga dan kadmium dari hasil aktivitas industri, dapat

mengakibatkan pencemaran pada lingkungan, terutama pencemaran air. Logam ini jika berakumulasi dalam jangka waktu yang lama dapat menghambat kerja paru-paru, mual, muntah, diare, anemia, pertumbuhan lambat, kerusakan ginjal dan hati, serta gangguan kardiovaskuler (Hariono; 1998).

Dalam penelitian ini telah dilakukan filtrasi ion logam Cd^{2+} dan Cu^{2+} menggunakan membran kitosan yang termodifikasi silika dari abu sekam padi. Disamping itu, diteliti pula selektivitas membran setelah digunakan secara berulang terhadap ion logam Cd^{2+} dan Cu^{2+} .

Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik AND GR-200, *oven Precision GCA Corp, Tube furnace 79400, hot plate stirrer*, pompa vakum. Untuk analisis dan pengujian digunakan Shimadzu XRD-700, AAS Perkin Elmer Analyst 100, spektrometer FT-IR (Shimadzu-8201PC), *CCD Microscope MS-804*, Tatonas pompa vacuum. Bahan yang digunakan adalah aquademin, kitosan, sekam padi, serta HCl, $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$, $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, NaOH, CH_3COOH dengan *grade pro analyst* buatan Merck.

Sekam padi dicuci dengan menggunakan akuades untuk membersihkan sekam dari pengotor. Setelah dicuci, sekam padi dijemur di bawah sinar matahari agar panasnya dapat merata. Tahap selanjutnya adalah pengarangan sekam padi menggunakan tungku terbuka hingga didapatkan arang berwarna hitam. Selanjutnya arang sekam padi di-furnace pada suhu $600^\circ C$ selama 3 jam. Abu sekam padi yang dihasilkan, dimurnikan menggunakan HCl 36%. Pengasaman ini bertujuan untuk memisahkan silika dari abu sekam padi dan memurnikan silika dari impuritas. Tahap selanjutnya, dilakukan *furnace* pada suhu $300^\circ C$ selama 30 menit dan dilanjutkan pada suhu $600^\circ C$ dan $800^\circ C$, didapatkan silika abu sekam padi berwarna putih. Silika hasil sintesis ini dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mendapatkan kristalinitasnya.

Silika hasil sintesis digunakan untuk pembuatan larutan natrium silikat dengan mencampurkan 20 gram silika abu sekam padi dengan 158 mL NaOH 4M. Pengadukan menggunakan *hotplate* hingga campuran mengental berwarna coklat kehijauan. Kemudian campuran ini di-furnace pada suhu $600^\circ C$ selama 30 menit dan didapatkan hasil berwarna coklat keputihan. Hasil ini kemudian dilarutkan dalam 200 mL

aquades, sehingga didapatkan larutan natrium silikat. Larutan ini dikarakterisasi menggunakan AAS untuk mendapatkan kandungan SiO_2 .

Larutan natrium silikat hasil karakterisasi digunakan untuk sintesis membran kitosan-silika pada berbagai variasi konsentrasi. Sintesis membran ini dilakukan dengan perbandingan 1:0; 1:0,5; 1:1; 1:1,5 dan 1:2 membentuk 100 mL campuran kitosan-silika. Campuran larutan ini dididuk dengan menggunakan *stirrer* selama 30 menit agar menjadi homogen. Ketebalan membran dikendalikan dengan menyeragamkan volume larutan yang digunakan dan cetakan yang digunakan. Setelah membran dicetak dan kering, membran direndam dengan NaOH 5% selama 1 hari.

Membran yang telah kering ini kemudian dilakukan uji *index swelling* dan uji fluks membran. Selanjutnya dilakukan karakterisasi terhadap gugus fungsinya menggunakan FT-IR untuk semua variasi membran dan uji morfologi membran menggunakan *CCD Microscope MS-804* untuk membran optimum setelah digunakan untuk aplikasi serta penggunaan membran secara berulang.

Hasil dan Pembahasan

Proses sintesis serbuk silika dari sekam padi dilakukan dalam beberapa tahap yaitu pencucian, tujuan pencucian ini untuk membersihkan sekam padi dari pengotor-pengotor sehingga dapat mengurangi impuritis yang akan mempengaruhi silika abu sekam padi yang dihasilkan. Selanjutnya adalah tahap pengeringan dengan tujuan untuk mengeliminasi kandungan air yang dilakukan di bawah sinar matahari agar penyebaran panas dapat merata ke seluruh permukaan padi. Setelah kering, sekam padi diarangkan dalam tungku terbuka untuk mempercepat proses kalsinasi. Hasil kalsinasi kemudian diabukan di dalam *furnace* dan menghasilkan abu sekam padi berwarna putih.

Abu yang didapatkan kemudian diasamkan untuk mengeliminasi kandungan logam dan nonlogam dalam abu sekam padi. Pemurnian menggunakan HCl 37% yang akan mengikat oksida logam dan nonlogam diantaranya P_2O_5 , K_2O , MgO , Na_2O , CaO dan Fe_2O_3 menjadi kloridanya, kecuali silika akan diubah menjadi asamnya. Hasil dari pemurnian adalah abu sekam padi berwarna kecoklatan.

Hasil dari pengasaman dipanaskan kembali dengan suhu 600°C selama 1 jam. Proses pemanasan dilakukan untuk mempermudah

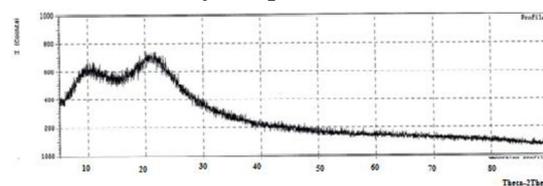
reaksi penguraian dan pelepasan oksida logam dan nonlogam. Suhu yang tinggi akan memberikan tambahan energi bagi abu sekam padi untuk memutuskan ikatan antar atom-atom pembangun unsur atau molekul (Handayani; 2009). Proses ini menghasilkan abu sekam padi sebesar 51,0367% dari 680 gram arang sekam padi.

Sekam padi hasil sintesis, dihitung rendemen yang dihasilkan. Rendemen yang dimaksud adalah banyaknya silika (SiO_2) yang dihasilkan dari abu sekam padi. Data yang diperoleh untuk perhitungan rendemen silika abu sekam padi adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Data hasil rendemen silika abu sekam padi

No	Massa Arang Sekam Padi (gram)	Massa Abu Sekam Padi (gram)	Kadar Abu Sekam Padi (%)
1.	180	90,6482	49,6398
2.	250	122,0160	51,1936
3.	250	119,3080	52,2768
Kadar rata-rata abu sekam padi			51,0367%

Silika sekam padi hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui struktur kristalinitasnya. Puncak tajam serbuk silika hasil sintesis $2\theta = 22,5200$ dibandingkan dengan JCPDS nomor 39-1425 ternyata hampir sama. Pada data JCPDS tersebut terdapat puncak tajam $2\theta = 22,003$. Dari data hasil pencocokan tersebut, silika hasil sintesis merupakan fase amorf. Difraktogram hasil karakterisasi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Difraktogram silika

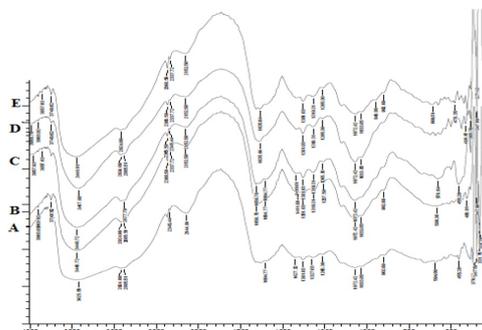
Silika hasil sintesis ini kemudian dibuat larutan natrium silikat yang merupakan prekursor untuk sintesis membran kitosan-silika. Larutan natrium silikat disintesis dengan mencampurkan silika hasil sintesis dengan natrium hidroksida. Larutan yang telah terbentuk kemudian disaring yang bertujuan untuk memisahkan endapan yang tidak larut. Larutan natrium silikat yang dihasilkan berwarna kuning kecoklatan.

Larutan natrium silikat diuji menggunakan AAS untuk mengetahui kadar silika dalam natrium silikat. Berdasarkan data hasil pengujian, didapatkan kadar silika dalam larutan natrium silikat abu sekam padi sebesar 61,9093%. Menurut Kalapathy, *et al.* (2000), abu sekam padi mempunyai kandungan silika yang cukup tinggi (>60%), sehingga cukup potensial

untuk digunakan sebagai sumber silika pada sintesis bahan berbasis silika seperti membran silika.

Sintesis membran dilakukan dengan teknik *inverse* fasa, dimana suatu larutan homogen akan mengalami proses transformasi terkontrol dari fasa cair ke fasa padat. Dalam proses pencampuran larutan kitosan dengan natrium silikat dilakukan variasi volume, antara lain 1:0; 1:0,5; 1:1; 1:1,5 dan 1:2. Penambahan larutan natrium silikat yang merupakan sumber silika ke dalam larutan kitosan bertujuan untuk membentuk pori pada membran sehingga meningkatkan permeabilitas membran (Berghuis; 2008). Silika akan membentuk pori dengan ikatan silika oksigen antarmolekul sehingga membentuk rantai panjang SiO_2 dan ikatan antara silika dengan oksigen pada gugus $-\text{OH}$ (Heryanto; 2012). Penambahan silika ke dalam larutan kitosan juga meningkatkan afinitas membran terhadap logam.

Membran kitosan-silika yang telah didapatkan, dianalisis gugus fungsinya dengan FT-IR. Karakterisasi ini digunakan untuk mengetahui gugus fungsional dalam membran hasil sintesis. Spektra FT-IR gabungan dari membran kitosan-silika ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektra FT-IR gabungan membran (A) membran kitosan 1:0; (B) membran kitosan-silika 1:0,5; (C) membran kitosan-silika 1:1; (D) membran kitosan-silika 1:1,5; (E) membran kitosan-silika 1:2

Hasil analisis gugus fungsi yang diperoleh dari Gambar 2, dipaparkan secara khusus pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis gugus fungsi membran kitosan dan membran kitosan-silika

Jenis Serapan	Bilangan gelombang yang diperoleh (cm^{-1}) dalam membran				
	1:0	1:0,5	1:1	1:1,5	1:2
Si-OH	-	902,69	902,69	-	902,69
Uluran Si-O-Si	-	1072,42	1072,42	1072,42	1072,42
Tekukan CH_2	1427,42	1411,89	1427,42	1419,61	1381,03
CO-NH_2^+	-	1658,78	1658,78	1635,64	1635,64
Uluran CH	2885,51	2885,51	2877,79	2885,51	2924,09
Uluran OH	3425,58	3448,72	3448,72	3417,86	3441,01
NH_3^+	1604,77	-	-	-	-

Dari Tabel 2 dapat dilihat puncak-puncak serapan infra merah masing-masing membran yang menunjukkan gugus-gugus fungsi dalam membran. Adanya gugus fungsi baru seperti Si-OH menunjukkan adanya ikatan hidrogen gugus silanol dari jaringan silika dengan gugus amida ataupun gugus oksidasi dalam kitosan. Untuk uluran Si-O-Si yang tidak ditemukan di membran kitosan-silika 1:0 membuktikan adanya interaksi antara silika dan kitosan. Interaksi silika dengan kitosan juga dapat dilihat dari menurunnya intensitas uluran N-H di daerah $3270\text{-}3290\text{ cm}^{-1}$ yang bertumpang tindih dengan serapan OH. Hal ini dikarenakan gugus N-H berinteraksi dengan silika yang ditambahkan. Semakin banyak penambahan silika, uluran semakin menyempit karena ikatan yang terjadi semakin kuat. Pada membran kitosan-silika 1:0 terdapat serapan NH_3^+ pada $1597,06\text{ cm}^{-1}$ dan tidak ditemukan serapan NH_2 . Hal tersebut dikarenakan pada membran kitosan-silika 1:0 belum adanya koagulasi yang mengubah gugus NH_3^+ menjadi gugus NH_2 sedangkan pada membran dengan penambahan silika telah melalui proses koagulasi dengan larutan NaOH pada saat pembuatan larutan natrium silikat sebagai sumber silika.

Derajat penyerapan air atau disebut juga *swelling*, merupakan faktor yang berpengaruh terhadap kinerja membran dalam aplikasinya. Nilai dari uji ini dapat menentukan sifat fisik membran apakah tahan air atau tidak. Sedikit banyaknya air yang diserap mempengaruhi fungsi membran pada saat aplikasinya, karena peranan molekul air yang dapat membuat spesi pembawa muatan terdisosiasi dan mempermudah mobilitas spesi tersebut. Selain itu juga dapat menandakan bahwa masih terdapat rongga diantara ikatan dalam polimer, dimana rongga ini dapat mempengaruhi sifat mekanik dari polimer, semakin kecil rongga maka semakin tinggi sifat mekaniknya (Shofiyah dan Dina; 2012).

Tabel 3. Data hasil uji *swelling* membran kitosan-silika

No	Variasi Membran	Derajat <i>Swelling</i>
1	1:0	48,1452%
2	1:0,5	52,2115%
3	1:1	51,2940%
4	1:1,5	54,5186%
5	1:2	54,8177%

Berdasarkan data hasil uji *swelling*, dapat dilihat bahwa penambahan silika memiliki hasil lebih baik daripada membran dengan komposisi kitosan saja. Semakin tinggi konsentrasi kitosan dalam membran maka hasil persen *swelling* semakin kecil. Hal ini disebabkan dengan semakin tinggi konsentrasi kitosan maka jarak

antar molekul dalam kitosan akan semakin rapat dan pori-pori yang terbentuk pada membran akan semakin kecil, sehingga air sulit untuk berdifusi kedalam membran yang menyebabkan kemampuan mengembangnya kecil. Sebaliknya, semakin rendah konsentrasi kitosan dalam membran maka kemampuan mengembangnya besar. Hal ini disebabkan dengan konsentrasi kitosan yang kecil maka semakin banyak pelarut yang digunakan atau semakin sedikit zat terlarutnya, maka pori-pori membran yang terbentuk semakin besar (Shofiyah dan Dina; 2012).

Secara kuantitas, permeabilitas membran sering dinyatakan sebagai fluks atau koefisien permeabilitas. Fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satu satuan permukaan luas membran dengan waktu tertentu.

Tabel 4. Data uji permeabilitas membran

No	Membran	J (L/m ² jam)
1.	1:0	11,3235
2.	1:0,5	16,1039
3.	1:1	18,0425
4.	1:1,5	19,9044
5.	1:2	22,3948

Berdasarkan data diatas, dapat dilihat bahwa membran 1:2 memiliki nilai fluks paling tinggi dibandingkan yang lainnya. Ini terjadi karena perbedaan kandungan silika dalam membran yang mempengaruhi jumlah permeat yang dihasilkan. Semakin banyak penambahan silika, pori-pori dalam membran akan semakin banyak.

Membran kitosan-silika yang telah disintesis digunakan pada filtrasi ion logam Cd²⁺ dan Cu²⁺ dengan metode *dead-end*. Larutan umpan dan larutan permeat kemudian dianalisis kandungan ion logam Cd²⁺ dan Cu²⁺ menggunakan AAS. Data konsentrasi yang diperoleh digunakan untuk menghitung nilai koefisien rejeksi membran. Adapun hasil pemisahan ion logam Cu²⁺ dalam air menggunakan membran disajikan pada Tabel 5. Adapun hasil filtrasi ion logam Cd²⁺ dengan membran kitosan-silika ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil pemisahan ion logam Cu²⁺ dalam air dengan membran kitosan-silika

No	Membran Kitosan:Silika	Kadar Ion Logam Cu ²⁺		%R
		Dalam Umpan (mg/L)	Dalam Permeat (mg/L)	
1.	1:0	5	3,5263	29,4737
	1:0,5		3,2631	34,7368
	1:1		1,6316	67,3684
	1:1,5		3,2631	34,7368
	1:2		3,9474	21,0526
2.	1:0	10	6,2105	37,8947
	1:0,5		3,7895	62,1053
	1:1		4,7895	52,1053
	1:1,5		2,8947	72,0526
	1:2		2,8421	71,5789
3.	1:0	20	12,631	36,8421
	1:0,5		13,1158	34,2105
	1:1		16,316	18,4211
	1:1,5		16,316	18,421
	1:2		13,158	34,2105

Tabel 6. Hasil pemisahan ion logam Cd²⁺ dalam air dengan membran kitosan-silika

No	Membran Kitosan:Silika	Kadar Ion Logam Cd ²⁺		%R
		Dalam Umpan (mg/L)	Dalam Permeat (mg/L)	
1.	1:0	5	3,7209	25,5814
	1:0,5		2,7907	44,1860
	1:1		3,2558	34,8837
	1:1,5		3,2558	34,8837
	1:2		4,1860	16,2791
2.	1:0	10	6,0465	39,5349
	1:0,5		7,4419	25,5814
	1:1		6,0465	39,535
	1:1,5		6,5116	34,8837
	1:2		5,1163	48,8372
3.	1:0	20	13,9535	30,2325
	1:0,5		12,5581	37,2093
	1:1		14,419	27,9069
	1:1,5		18,6046	18,6046
	1:2		17,674	11,6279

Dari data hasil penelitian didapatkan bahwa membran kitosan:silika 1:2 merupakan membran yang paling optimum untuk filtrasi ion logam Cd²⁺ dan Cu²⁺ pada konsentrasi optimum masing-masing larutan 10 ppm. Data ini juga didukung dengan hasil uji *index swelling* dan uji permeabilitas yang menunjukkan bahwa membran kitosan-silika 1:2 merupakan komposisi yang optimum. Penurunan kadar ion logam Cu²⁺ dan Cd²⁺ setelah melewati membran kitosan-silika tidak hanya dipengaruhi oleh pori-pori membran, tetapi juga situs aktif yang ada di dalam membran kitosan-silika, yaitu unsur N dari gugus NH₂ dan O²⁻ dari silika yang terikat pada monomer kitosan.

Selanjutnya membran ini digunakan kembali untuk proses filtrasi larutan ion logam Cd²⁺ dan Cu²⁺ dengan konsentrasi yang sama. Sebelum digunakan kembali, membran dicuci dengan aquades untuk membersihkan membran dari pengotor.

Tabel 7. Penentuan kinerja membran setelah digunakan secara berulang pada filtrasi ion logam Cd²⁺ dan Cu²⁺ pada membran 1:2 dengan konsentrasi 10 ppm

Ion Logam	Running ke-	Menit ke-	Absorbansi	% R
Cu ²⁺	1	30	0,045	74,7368
	2	60	0,063	65,2631
	3	90	0,103	46,3158
Cd ²⁺	1	30	0,009	62,7907
	2	60	0,013	44,1860
	3	90	0,018	20,9302

Dari Tabel 7 menunjukkan membran kitosan-silika dapat digunakan untuk 3 kali pemakaian karena setelah pemakaian kedua terjadi penurunan koefisien rejeksi secara signifikan sehingga untuk pemakaian selanjutnya kurang maksimal. Hal tersebut terjadi karena pori dari membran kitosan-silika mengalami *fouling* akibat adanya molekul-molekul yang terakumulasi pada permukaan membran dan menempati pori-pori membran dan terjebak di dalamnya.

Simpulan

Penambahan silika pada membran kitosan meningkatkan karakteristik membran pada uji

swelling, permeabilitas membran dan gugus fungsi membran kitosan-silika. Selektivitas membran yang optimum untuk proses filtrasi ion logam Cd^{2+} dan Cu^{2+} berdasarkan nilai rejeksi adalah membran kitosan-silika 1:2 pada konsentrasi 10 ppm dengan koefisien rejeksi tertinggi membran kitosan-silika untuk filtrasi ion logam Cd^{2+} dan Cu^{2+} masing-masing adalah 48,8372% dan 71,5789%. Membran kitosan-silika 1:2 pada konsentrasi 10 ppm dapat digunakan secara berulang sebanyak 3 kali pengulangan untuk filtrasi ion logam Cd^{2+} dan Cu^{2+} . Penurunan kemampuan filtrasi ion logam Cd^{2+} dan Cu^{2+} terjadi setelah penggunaan ke 3 dengan koefisien rejeksi masing-masing menjadi 20,9302% dan 46,3158%.

Daftar Pustaka

- Bhatia, R. Gupta, A.K. Anup K.S. and C.J. Brinker. 2000. Aqueous Sol-Gel Process for Protein Encapsulation. *Chem. Mater.* 12 2434-2441
- Berghuis, N.T. 2008. *Sintesis Membran Kitosan-Tetraortosilikat (TEOS) sebagai Membran Fuel Cell pada Suhu Tinggi*. Skripsi. Bandung: ITB
- Buhani, Narsito dan Eko, S. 2009. Amino and Mercapto-Silica Hybrid for Cd(II) Adsorption in Aqueous Solution. *Indo. J. Chem.* 9 (2). 170-176
- Endang, R. Edward dan Abdul, R. 2003. Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr, Mn & Fe Dalam Air Laut dan Sedimen di Perairan Kalimantan Timur. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. No. 35: 51-71
- Handayani, E. 2009. *Sintesa Membran Nanokomposit Berbasis Nanopartikel Biosilika dari Sekam Padi dan Kitosan Sebagai Matriks Biopolimer*. Tesis. Institut Pertanian Bogor: Bogor
- Hariono, B. 1998. Berbagai Masalah Pencemaran Logam Berat di Lingkungan Kita. *Manusia dan Lingkungan*. No. 15. Th V. hal 37-46. PPLH UGM: Yogyakarta
- Heryanto, S.A. 2012. *Modifikasi Membran Kitosan-Silika Cu Sebagai Filter dan Adsorben Urea*. Skripsi. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia
- Kalapathy, U. Proctor, A, dan Shultz, J. 2000. Production and properties of flexible sodium silicate films from rice hull ash silica. *Bioresource Technology*. 72. Pgs: 99-106
- Ruckenstein and X.Z. Kong. 1999. Control of Pore Generation and Pore Size in Nanoparticles of Poly(styrene-methyl methacrylate-acrylic acid). *J. of Appl. Polymer Sci.* 72. 419
- Shofiyah, Y dan Dina, K.M. 2012. Pemanfaatan Membran Kitosan-Silika untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Pb(II) dalam Larutan. *Journal of Chemistry*. 5 vol. 1 no 1. Jurusan Kimia UNESA: Surabaya