

**PENGARUH PERBANDINGAN KOMPOSISI KITOSAN DAN SILIKA TERHADAP  
KARAKTERISASI ADSORBEN KITOSA-SILIKA BEAD**

**EFFECT OF CHITOSAN AND SILICA COMPOSITION TO CHARACTERIZATION OF  
CHITOSAN-SILICA BEAD ADSORBENT**

Dewi Indrawati\* dan Sari Edi Cahyaningrum\*\*  
Jurusan Kimia FMIPA-Universitas Negeri Surabaya

Koresponden : \*e-mail : dew\_d@ymail.com

**Abstrak.** Telah dilakukan pembuatan adsorben kitosan-silika bead dengan variasi perbandingan komposisi (b/b) antara kitosan dan silika yaitu 1:2 dan 2:1. Beberapa karakterisasi adsorben kitosan-silika bead yang dianalisis yaitu karakteristik fisik dan kimia yang meliputi rerata jari-jari pori, uji kestabilan terhadap asam dan identifikasi gugus fungsional melalui spektrofotometri FTIR. Hasil penelitian menunjukkan karakterisasi fisik adsorben kitosan-silika bead 1:2 dan 2:1 memiliki rerata jari-jari pori sebesar 258,3280Å dan 157,7180Å. Karakteristik kimia adsorben kitosan-silika bead 1:2 dan 2:1 memiliki sifat kestabilan terhadap asam selama 24 jam pada pH 4-6 dan pH 5-6. Identifikasi gugus fungsional adsorben komposisi 1:2 sebelum penambahan glutaraldehyd terdapat gugus fungsional -NH pada bilangan gelombang 3840,59 cm<sup>-1</sup>, namun setelah penambahan glutaraldehyd tidak ditemukan gugus fungsional -NH yang diperkuat dengan pergeseran bilangan gelombang 3443,24 cm<sup>-1</sup> menjadi 3428,44 cm<sup>-1</sup> pada gugus fungsional O-H. Hal ini karena -NH pada kitosan telah terselubungi oleh O-H dari silika dan glutaraldehyd. Perbandingan komposisi 2:1 menunjukkan adanya interaksi antara -NH dengan glutaraldehyd yang terbukti pada bilangan gelombang 1380,26 cm<sup>-1</sup> yang merupakan gugus fungsional N=CH, dan diperkuat dengan terjadinya pergeseran bilangan gelombang 1648,98 cm<sup>-1</sup> menjadi 1653,91 cm<sup>-1</sup> yang merupakan vibrasi tekuk -NH.

**Kata Kunci:** Adsorben, kitosan-silika bead

**Abstract.** A study of making chitosan-silica bead adsorbent with variation composition (w/w) between chitosan and silica were 1:2 and 2:1. Characterized of physical and chemical include average pore radius, stability to acid and identification of functional groups by Infrared FTIR spektrofotometry. The result showed that physical characterization of chitosan-silica bead adsorbent 1:2 and 2:1 have average pore radius was 258.3280Å and 157.7180Å. Chemical characterization of chitosan-silica bead adsorbent 1:2 and 2:1 has the stability to acid during 24 hours at pH 4-6 and pH 5-6. The identification of functional groups adsorbent composition 1:2 before addition of glutaraldehyde still contained functional group -NH in 3840.59 cm<sup>-1</sup>, but after addition glutaraldehyde functional groups -NH not found, reinforced with shifting wave numbers 3443.24 cm<sup>-1</sup> to be 3428.44 cm<sup>-1</sup> which was a functional group O-H. Because -NH from chitosan was covered by O-H from silica and glutaraldehyde. The comparison of composition 2:1 the existence of interaction between -NH with glutaraldehyde was proved on number waves of 1380.26 cm<sup>-1</sup> which was the functional group N=CH, and reinforced with shift of wave number 1648.98 cm<sup>-1</sup> to be 1653.91 cm<sup>-1</sup> which was a vibration -NH.

**Keywords:** Adsorbent, chitosan-silica bead adsorbent.

## PENDAHULUAN

Kitosan merupakan biopolimer polikationik yang terbentuk oleh rantai lurus dari unit berulang 2-amina-2-deoksi-D-glukopiranososa yang terikat oleh ikatan β-(1,4) [1]. Kitosan mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan antara lain *hydrophilicity*, *biocompatibility*, *biodegradability*, sifat anti bakteri dan mempunyai afinitas yang besar terhadap enzim [2]. Kitosan dalam bentuk serbuk dapat digunakan sebagai penyerap ion logam Cu(II), Pb(II), Ni(II), Hg(II), Cd(II), Cr(II) [2]. Kitosan

serbuk memiliki kapasitas adsorpsi yang kurang maksimal. Upaya peningkatan kapasitas adsorpsi kitosan serbuk dapat dilakukan melalui proses penggelembungan (*swelling*). Proses penggelembungan (*swelling*) pada kitosan dapat meningkatkan jari-jari pori kitosan, sehingga kapasitas adsorpsinya menjadi bertambah. Berdasarkan penelitian Cahyaningrum, dkk (2008) kitosan serbuk memiliki jari-jari pori sebesar 3,7070Å sedangkan kitosan *bead* sebesar 64,9491 Å dan kapasitas adsorpsi kitosan *bead* terhadap ion

logam Zn(II) yang lebih besar daripada kitosan serbuk. Kitosan *bead* memiliki kelemahan yaitu tidak tahan terhadap asam, sehingga strukturnya mudah rapuh [3]. Upaya peningkatan stabilitas kitosan *bead* dalam suasana asam dilakukan dengan memodifikasi menggunakan adsorben yang tahan terhadap asam yaitu silika. Silika merupakan padatan anorganik yang memiliki gugus silanol ( $-\text{SiOH}$ ) dan siloksan ( $\text{Si-O-Si}$ ) serta memiliki sifat ketahanan terhadap asam [4].

Dalam pembuatan adsorben kitosan-silika *bead* ada beberapa faktor yang mempengaruhi salah satunya yaitu komposisi kitosan-silika. Gandhi, *et al* (2012) melakukan pembuatan dan karakterisasi kitosan-silika gel sebagai penyerap ion logam Cu(II) dan Pb(II) dengan menggunakan perbandingan kitosan-silika gel sebesar 1:5 (b/b). Jianmin Wu, dkk (2006) melakukan immobilisasi tripsin melalui adsorpsi secara langsung pada kitosan-silika gel *bead* dengan pengkhelat ion logam. Pada penelitian tersebut menggunakan perbandingan komposisi kitosan-silika gel 1:20 (b/b). Dengan dilakukan pemodifikasian kitosan maka diharapkan menghasilkan adsorben kitosan-silika *bead* yang memiliki kestabilan terhadap asam serta memiliki ukuran jari-jari pori yang besar sehingga mampu mengadsorpsi ion logam secara maksimal. Semakin besar ukuran luas permukaan dan porositas yang dihasilkan, maka kitosan-silika *bead* dapat lebih banyak mengadsorpsi ion logam.

## METODE PENELITIAN

### Alat

Beberapa alat yang digunakan antara lain: *magnetic stirrer*, pH meter HANA, seperangkat alat untuk analisis Spektrofotometer FTIR Perkin Elmer Spectrum Version 10.03.06, *Surface Area Analyzer* (SAA) NOVA 1200e Quantachrome dan *Aanalyst 100 Atomic Absorption Spectrometer* Perkin Elmer.

### Bahan

Pada penelitian ini digunakan metode eksperimen dengan bahan-bahan kimia yang diperoleh di pasaran komersial dengan kemurnian p.a antara lain: kitosan, silika, asam asetat, NaOH, etanol, glutaraldehid, HCl dan air bebas mineral.

## PROSEDUR PENELITIAN

### Pembuatan adsorben kitosan-silika *bead*

Kitosan dilarutkan ke dalam asam asetat sambil diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* sehingga terbentuk larutan kitosan yang berwarna kuning jernih. Percampuran silika dilakukan dalam perbandingan komposisi (b/b) yaitu 1:2 dan 2:1. Pembuatan kitosan silika *bead* dilakukan dengan

meneteskan larutan kitosan-silika ke dalam larutan NaOH yang mengandung etanol menggunakan pipet tetes. Kitosan silika *bead* yang terbentuk disaring kemudian dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Setelah kering adsorben kitosan-silika *bead* direndam dalam glutaraldehid 5,5% (v/v) selama 24 jam. Kitosan-silika *bead* yang telah berikat silang dengan glutaraldehid disaring dan dinetralkan sampai pH 7 dengan aqua bebas mineral. Adsorben yang sudah netral dikeringkan pada suhu kamar.

### Uji kestabilan adsorben kitosan-silika *bead* terhadap asam

Adsorben kitosan-silika *bead* yang dihasilkan diinteraksikan kedalam larutan asam pada pH 2,3,4,5 dan 6 selama 1 jam. Endapan yang terbentuk kemudian disaring dan dikeringkan didalam desikator kemudian ditimbang hingga konstan.

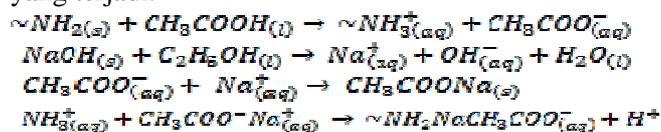
### Karakterisasi adsorben kitosan-silika *bead*

Adsorben kitosan-silika *bead* yang dihasilkan pada berbagai komposisi sebelum penambahan glutaraldehid dan sesudah penambahan glutaraldehid diidentifikasi gugus fungsionalnya dengan menggunakan FTIR dan dilakukan pula analisis *rerata jari-jari pori* menggunakan *Surface Area Analyzer* (SAA).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

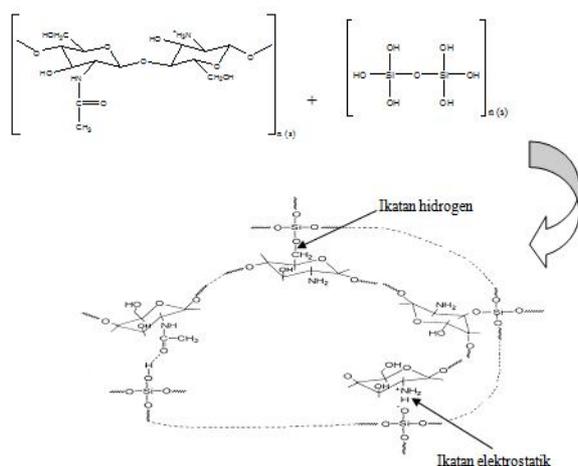
### Pembuatan adsorben kitosan-silika *bead*

Pembuatan adsorben kitosan-silika *bead* dimulai dengan cara melarutkan kitosan kedalam asam asetat sampai homogen, kemudian ditambahkan dengan silika pada berbagai perbandingan komposisi (b/b). Campuran larutan kitosan-silika yang telah homogen selanjutnya dibentuk *bead* dalam larutan NaOH yang mengandung etanol [2] dengan menggunakan pipet tetes. Ukuran *bead* kitosan-silika diusahakan dalam ukuran kecil karena semakin kecil ukuran maka semakin besar luas permukaannya sehingga lebih besar kemampuannya sebagai adsorben [5]. Larutan kitosan-silika yang berbentuk gel kemudian dipadatkan lagi dengan menggunakan NaOH yang mengandung etanol, fungsi NaOH adalah untuk mengeraskan gel yang sudah terbentuk sehingga terjadi repolimerisasi kitosan serta untuk menetralkan adsorben kitosan-silika *bead*. Reaksi yang terjadi.



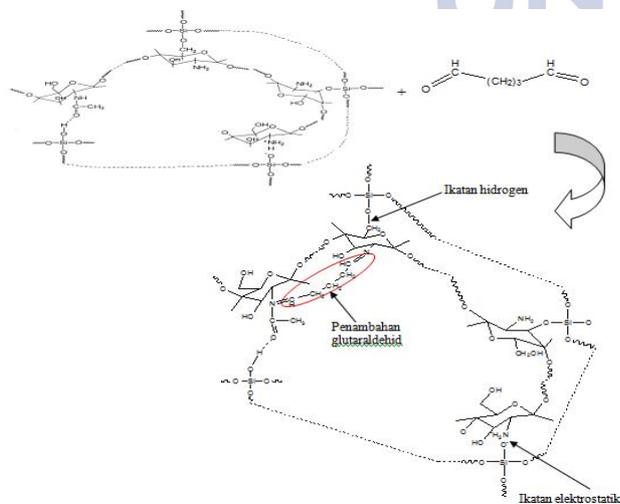
Kitosan-silika *bead* yang terbentuk kemudian dikeringkan dalam suhu kamar selama 24 jam.

Setelah kering adsorben kitosan-silika *bead* direndam dalam glutaraldehid 5,5%(v/v) selama 24 jam dengan perbandingan 1:1,5 (b/v) [6]. Penambahan glutaraldehid bertujuan untuk mengikat silang antara kitosan dengan silika dan mengikat silang antara monomer-monomer kitosan hal ini disebabkan karena ikatan yang terjadi antara kitosan dan silika bersifat sangat lemah sehingga perlu penambahan bahan-bahan organik seperti glutaraldehid [7].



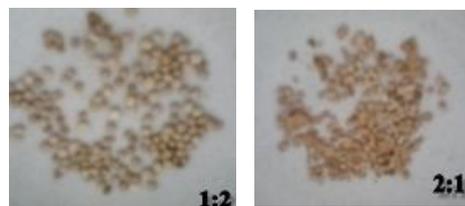
Gambar 1. Reaksi hipotetik antara kitosan dengan silika [8]

Pada reaksi antara kitosan dan silika tersebut terjadi ikatan elektrostatis antara muatan negatif pada silika dengan muatan positif pada kitosan dan terjadi ikatan hidrogen antara gugus silanol dari silika dengan gugus hidroksil dari kitosan. Reaksi yang terjadi antara kitosan dan silika bersifat sangat lemah, hal ini disebabkan karena masih terdapat gugus amina dari kitosan yang tidak berikatan dengan silika, sehingga perlu dilakukan penambahan glutaraldehid untuk memperbaiki ikatan antara kitosan-silika dan memperbaiki ikatan antara monomer-monomer kitosan.



Gambar 2. Reaksi hipotetik antara kitosan-silika *bead* dengan glutaraldehid [8,6]

Gugus amina yang tidak berikatan dengan silika telah diikat silang dengan glutaraldehid sehingga mampu memperbaiki struktur ikatan antara monomer-monomer kitosan. Kitosan-silika *bead* yang sudah berikat silang dengan glutaraldehid disaring dan dinetralkan sampai pH 7 dengan menggunakan aquademin dan dikeringkan pada suhu kamar.



Gambar 3. Adsorben kitosan-silika *bead* pada komposisi 1:2 dan 2:1

Secara keseluruhan semakin sedikit penambahan silika pada pembuatan adsorben kitosan-silika *bead* maka akan diperoleh butiran yang semakin tidak seragam.

#### Karakterisasi adsorben kitosan-silika *bead*

##### Karakterisasi *surface area* dengan menggunakan *Surface Area Analyzer (SAA)*

Tabel 1. Data Luas Permukaan dan Porositas Adsorben Kitosan-silika *bead* Berbagai Komposisi

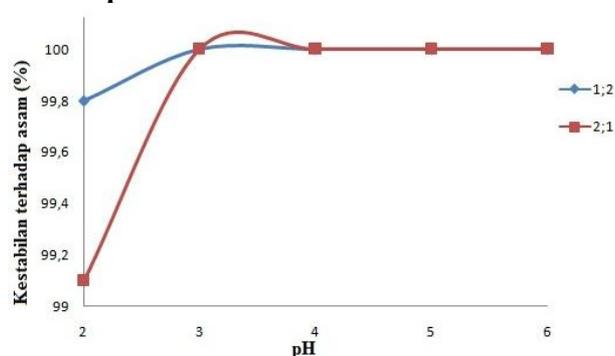
Adsorben kitosan-silika <i>bead</i>	Luas permukaan ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	Volume total pori ( $\text{cc}/\text{g}$ )	Rerata jari-jari pori ( $\text{\AA}$ )
1:2	35,8990	0,3500	258,328
2:1	3,6420	0,0340	157,718

Proses modifikasi kitosan dengan silika menyebabkan terjadinya peningkatan luas permukaan dan porositas. Tabel 1 menunjukkan bahwa kitosan-silika *bead* dengan komposisi 1:2 mempunyai luas permukaan, volume total pori serta rerata jari-jari pori yang lebih besar dibandingkan dengan adsorben kitosan-silika *bead* pada komposisi 2:1. Hal ini karena penambahan silika yang berlebih pada pembuatan adsorben 1:2 mampu meningkatkan ukuran pori adsorben. Adsorben kitosan-silika *bead* 2:1 memiliki luas permukaan, volume total pori serta rerata jari-jari pori yang lebih kecil dari adsorben 1:2 karena pada komposisi 2:1 penambahan silika lebih sedikit dari kitosan, sehingga diperoleh nilai porositas yang kecil.

Reaksi adsorben kitosan-silika *bead* terjadi melalui ikatan elektrostatis antara muatan positif pada kitosan dan muatan negatif pada silika. Reaksi tersebut bersifat sangat lemah, sehingga perlu dilakukan penambahan glutaraldehid untuk memperbaiki ikatan antara kitosan dan silika sehingga penggabungan polimer-polimer antara

kitosan dan silika mampu membentuk ukuran rerata jari-jari yang besar. Semakin besar ukuran porositas yang dihasilkan, maka kitosan-silika *bead* dapat lebih banyak mengadsorpsi ion logam Cd(II).

#### Uji kestabilan adsorben kitosan-silika *bead* terhadap asam

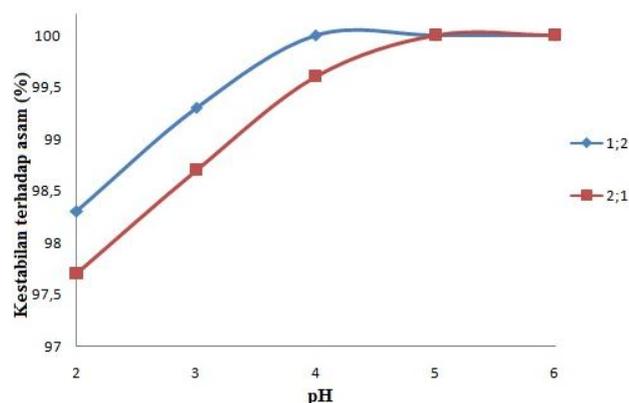


Gambar 4. Grafik kestabilan terhadap asam adsorben kitosan-silika *bead*) pada pH 2-6 selama 1 jam

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa semakin rendah pH maka kestabilan adsorben kitosan-silika *bead* semakin menurun. Kestabilan adsorben kitosan-silika *bead* 1:2 terhadap asam mulai mengalami penurunan pada pH 2 yang ditandai dengan butiran adsorben yang mulai menggelembung dan lapisan terluarnya mulai sedikit rapuh, kemudian pada pH 3 sampai 6 berat kestabilan adsorben 1:2 tidak mengalami perubahan sehingga berat sebelum dan sesudah interaksi tetap yaitu 100%. Hal ini disebabkan, dengan penambahan komposisi silika yang banyak pada pembuatan adsorben kitosan-silika *bead* maka membuat adsorben menjadi tidak mudah larut dalam larutan asam sehingga adsorben tidak mudah hancur.

Adsorben kitosan-silika *bead* dengan komposisi 2:1 pada pH 2 mengalami penurunan kestabilan yang ditandai dengan tekstur butiran yang sedikit hancur, kemudian pada pH 3 sampai 6 kestabilannya tidak mengalami perubahan sehingga berat sebelum dan sesudah interaksi adalah 100%. Penambahan kitosan yang berlebih pada komposisi 2:1 membuat adsorben mudah larut dalam larutan asam sehingga tingkat kestabilannya lebih rendah dibandingkan dengan adsorben 1:2.

Kestabilan adsorben kitosan-silika *bead* terhadap asam selama 1 jam ini kurang begitu memberikan perubahan yang maksimal, oleh sebab itu dilakukan juga uji kestabilan asam adsorben kitosan-silika *bead* selama 24 jam sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik kestabilan terhadap asam adsorben kitosan-silika *bead* pada pH 2-6 selama 24 jam

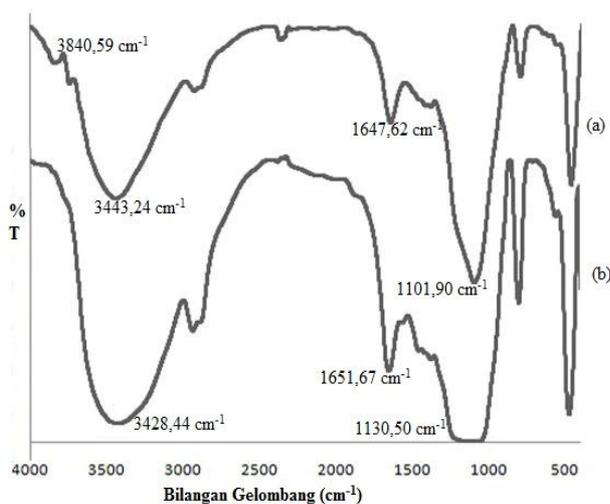
Berdasarkan Gambar 5 kestabilan adsorben kitosan-silika *bead* 1:2 terhadap asam mulai mengalami penurunan pada pH 2 dan 3 yang ditandai dengan butiran adsorben yang mulai menggelembung dan lapisan terluarnya mulai sedikit rapuh, kemudian pada pH 4 sampai 6 kestabilan adsorben 1:2 tidak mengalami perubahan sehingga kestabilan sebelum dan sesudah interaksi adalah 100%. Hal ini disebabkan, dengan penambahan komposisi silika yang berlebih pada pembuatan adsorben kitosan-silika *bead* 1:2 maka membuat adsorben menjadi tidak mudah larut dalam larutan asam sehingga adsorben tidak mudah hancur.

Adsorben kitosan-silika *bead* dengan komposisi 2:1 pada pH 2 mengalami penurunan kestabilan yang ditandai dengan tekstur butiran yang hancur, kemudian pada pH 4 sampai 6 kestabilannya tidak mengalami perubahan sehingga berat sebelum dan sesudah interaksi adalah 100%. Penambahan kitosan yang berlebih pada komposisi 2:1 membuat adsorben mudah larut dalam larutan asam sehingga tingkat kestabilannya lebih rendah dibandingkan dengan adsorben 1:2.

Berdasarkan uji kestabilan adsorben kitosan-silika *bead* terhadap asam selama 24 jam diperoleh hasil bahwa semakin rendah pH maka kestabilan adsorben kitosan-silika *bead* terhadap asam akan semakin menurun. Perbedaan kestabilan terhadap asam ini dikarenakan semakin besar komposisi silika yang ditambahkan dalam pembuatan adsorben maka tingkat kestabilan terhadap asam akan semakin kuat, karena silika merupakan adsorben yang memiliki ketahanan terhadap asam sehingga dengan penambahan silika yang berlebih membuat adsorben tidak mudah larut dalam larutan asam. Penelitian Amaria, dkk (2007) membuktikan bahwa pembuatan biomasa *Saccharomyces cerevisiae* yang diimobilisasi pada

silika memiliki ketahanan terhadap asam pada pH 2-12.

### Karakterisasi identifikasi gugus fungsional dengan menggunakan FTIR



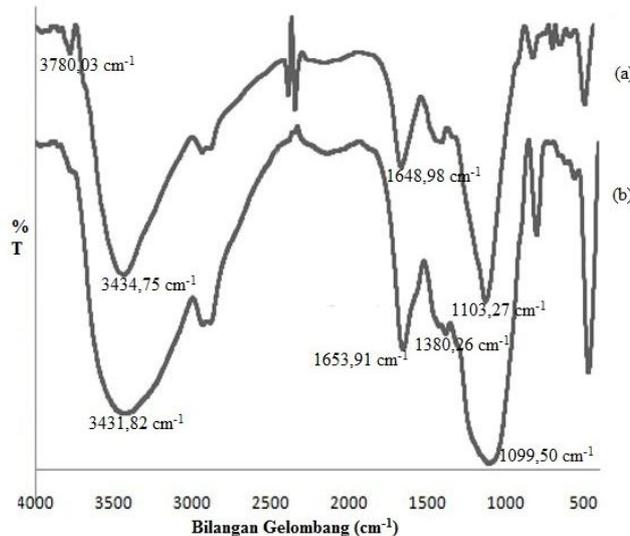
Gambar 6. Spektra FTIR adsorben kitosan-silika *bead* 1:2(a)Sebelum penambahan glutaraldehid(b)Sesudah penambahan glutaraldehid

Spektra FTIR adsorben kitosan-silika *bead* 1:2 mengalami penurunan serapan pada bilangan gelombang 3443,24 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan vibrasi ulur O-H. Hal ini menunjukkan adanya interaksi gugus O-H pada silika dengan O-H pada kitosan sehingga menyebabkan intensitas dari puncak gugus O-H yang semakin melebar. Peningkatan serapan pada bilangan gelombang 2929,02 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya vibrasi ulur C-H metilen dari kitosan. Peningkatan serapan pada bilangan gelombang 1647,62 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus fungsional N-H, peningkatan serapan ini disebabkan karena adanya interaksi antara gugus amina dari kitosan dengan molekul glutaraldehid.

Peningkatan serapan juga terjadi pada bilangan gelombang 1101,97 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan vibrasi ulur asimetris Si-O dari Si-O-Si. Sebelum penambahan glutaraldehid spektra pada bilangan gelombang 1101,97 cm<sup>-1</sup> masih runcing, namun setelah penambahan glutaraldehid diperoleh spektra yang melebar, hal ini karena penambahan komposisi silika yang berlebih dan glutaraldehid membuat semakin bertambahnya gugus OH. Pergeseran bilangan gelombang 801,44 cm<sup>-1</sup> yang merupakan gugus fungsional vibrasi Ulur Simetri Si-O dari Si-O-Si diperkirakan karena formasi ikatan hidrogen antara silanol pada silika dan OH pada kitosan serta ikatan

ionik antara OH pada silika dan -NH pada kitosan sehingga membuat spektra menjadi tajam.

Pada komposisi 1:2 sebelum penambahan glutaraldehid masih terdapat gugus fungsional NH pada bilangan gelombang 3840,59 cm<sup>-1</sup>, namun setelah penambahan glutaraldehid tidak ditemukan gugus fungsional -NH pada panjang gelombang tersebut, yang diperkuat dengan terjadinya pergeseran bilangan gelombang 3443,24 cm<sup>-1</sup> menjadi 3428,44 cm<sup>-1</sup> pada gugus fungsional O-H. Hal ini karena -NH pada kitosan telah terselubungi oleh gugus fungsional OH dari silika dan glutaraldehid. Peningkatan serapan juga terjadi pada bilangan gelombang 468,89 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan vibrasi tekuk dari Si-O-Si.



Gambar 7. Spektra FTIR adsorben kitosan-silika *bead* 2:1 (a)Sebelum penambahan glutaraldehid(b)Sesudah penambahan glutaraldehid

Hasil spektra FTIR adsorben kitosan-silika *bead* 2:1 sesudah penambahan glutaraldehid terjadi penurunan serapan pada bilangan gelombang 3434,75 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan vibrasi ulur O-H. Hal ini menunjukkan adanya interaksi gugus silanol pada silika dengan O-H pada kitosan sehingga menyebabkan intensitas dari puncak gugus O-H yang semakin melebar. Peningkatan serapan pada bilangan gelombang 1648,98 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus fungsional N-H, peningkatan bilangan gelombang ini menunjukkan adanya interaksi antara gugus amina dari kitosan dengan molekul glutaraldehid. Selain itu terjadi peningkatan spektra pada bilangan gelombang 1103,27 cm<sup>-1</sup> dan 799,01 cm<sup>-1</sup> yang diperkirakan karena formasi ikatan hidrogen antara silanol pada silika dan OH pada kitosan dan ikatan ionik antara OH pada silika dan -NH amina pada kitosan. Penambahan

glutaraldehyd membuat tidak munculnya gugus fungsional  $-NH$  pada bilangan gelombang 3780,03, hal ini disebabkan gugus fungsional  $-NH$  terselubungi oleh gugus fungsional  $OH$  dari silika dan glutaraldehyd. Selain itu penambahan glutaraldehyd membuat gugus fungsional  $CH$  pada bilangan gelombang  $2374,67\text{ cm}^{-1}$  dan  $2139,66\text{ cm}^{-1}$  tidak muncul lagi, hal ini karena telah terselubungi oleh gugus fungsional  $OH$  dari kitosan, silika dan glutaraldehyd. Adanya interaksi antara  $-NH$  dengan glutaraldehyd yang dibukti pada bilangan gelombang  $1380,26\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus fungsional  $N=CH$ , dan diperkuat dengan terjadinya pergeseran bilangan gelombang  $1648,98\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $1653,91\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi tekuk  $N-H$ .

## PENUTUP

### Simpulan

Beberapa simpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah karakterisasi fisik adsorben kitosan-silika bead 1:2 dan 2:1 memiliki rerata jari-jari pori sebesar  $258,3280\text{ \AA}$  dan  $157,7180\text{ \AA}$ . Karakteristik kimia adsorben kitosan-silika bead 1:2 dan 2:1 memiliki sifat kestabilan terhadap asam selama 24 jam pada pH 4-6 dan pH 5-6. Identifikasi gugus fungsional adsorben komposisi 1:2 sebelum penambahan glutaraldehyd terdapat gugus fungsional  $-NH$  pada bilangan gelombang  $3840,59\text{ cm}^{-1}$ , namun setelah penambahan glutaraldehyd tidak ditemukan gugus fungsional  $-NH$ . Hal ini karena  $-NH$  pada kitosan telah terselubungi oleh  $O-H$  dari silika dan glutaraldehyd. Komposisi 2:1 menunjukkan adanya interaksi antara  $-NH$  dengan glutaraldehyd yang terbukti pada bilangan gelombang  $1380,26\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan gugus fungsional  $N=CH$ , dan diperkuat dengan terjadinya pergeseran bilangan gelombang  $1653,91\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi tekuk  $-NH$ .

### DAFTAR PUSTAKA

1. Rani, Manjusha, dan Sulastyo. 2010. Review Chitosan Based Hydrogel Polymeric Beads-As Drug Delivery System. *Bioresources.com*, Vol.5 No.4, 1-43.
2. Cahyaningrum, Sari Edi., Agustini, Rudiana., Narsito dan Juari, Santoso Sri.,. 2008. Adsorption of Zink(II) Metal Ion on Chitosan Bead From Shell Shrimp (*Penaeus Monodon*). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol.15 No.2, 90-99.
3. Wan Ngah, W. S and Fatinathan, S. 2008. Adsorption of Cu(II) Ion in Aqueous Solution Using Chitosan *Beads*, Chitosan-GLA *Beads*, and Chitosan-Alginate *Beads*. *Chemical Engineering Journal* 143, 62-72.
4. Amaria., Agustini, Rudiana., Cahyaningrum, Sari Edi., Santosa, Sri Juari dan Narsito. 2007. Adsorpsi Seng(II) Menggunakan Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang Diimobilisasi pada Silika Secara Sol Gel. *Akta Kimindo* Vol. 2 No. 2,63 – 74.
5. Nurmasari, Radna., Santoso, Uripto Trisno., Rohman, Taufiqur., dan Umaningrum, Dewi. 2010. Immobilization of Humic Acid on Chitosan Beads by Protected Cross-Linking Method and its Application Adsorbent for Pb(II). *Indo. J. Chem.*, No.10, 88-95.
6. Basuki, Rahmat dan Sanjaya, I Gusti Made. 2009. Sintesis Ikat Silang Kitosan dengan Glutaraldehyda Serta Identifikasi Gugus Fungsi dan Derajat Deasetilasinya. *Jurnal Ilmu Dasar*. Vol.10 No.1, 93-101.
7. Coradin, Thibaud., Allouche, Joachim., Boissière, Michel dan Livage, Jacques. 2006. Sol-Gel Biopolymer/Silica Nanocomposites in Biotechnology. *Current Nanoscience*. Vol. 2 No. 3,1-11.
8. Gandhi, Muniyappan Rajiv., Meenakshi. 2012. Preparation and Characterization of Silica gel/Chitosan Composite for the Removal of Cu(II) and Pb(II). *International Jurnal of Biological Macromoleculer*, 1-8.
9. Rashidova, S. Sh., Kabulov, B. D., Ruzimuradov, O. N., Satubaldieva, D. T., Shakarova, D. Sh., Shpigun, O. A., and Zalyalieva, S. V. 2004. Bionanocomposition chitosan-silica Sorbent for Liquid chromatography. *Jurnal of Chromatography Science direct* 800, 49-53.
10. Jianmin Wu., Jia Zhishen., Lin Xianfu., dan Xi Fengang. 2006. Trypsin Immobilization by Direct Adsorption on Metal Ion Chelated Macroporous Chitosan-Silica Gel Beads. *International Journal of Biological Macromolecules* 39, 185-191.