

## Preparasi Komposit Kitosan-Alumina *Beads* sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium(II) dan Nikel(II) dalam Larutan

Melly Noviana , dan F. Widhi Mahatmanti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang  
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Diterima Januari 2020

Disetujui Maret 2020

Dipublikasikan Mei 2020

#### Keywords:

*chitosan-alumina composite beads adsorbent Cd(II) and Ni(II) metal ion*

### Abstrak

Telah dilakukan preparasi komposit *beads* dari kitosan dan alumina untuk adsorpsi Cd(II) dan Ni(II). Penelitian meliputi preparasi adsorben (kitosan *beads*, alumina, dan komposit *beads*) dan optimasi adsorpsi meliputi pH, waktu kontak, konsentrasi dan selektivitas. Karakterisasi FT-IR menunjukkan adanya gugus khas komposit *beads*. Karakterisasi SAA menunjukkan kitosan *beads* termasuk mikropori, alumina dan komposit *beads* termasuk mesopori. Hasil optimasi adsorpsi Cd(II) menunjukkan konsentrasi optimum pada 0,55 mmol/L, sedangkan optimasi pH dan waktu kontak kitosan *beads* diperoleh pada pH 6 selama 90 menit, alumina optimum pada pH 5 selama 60 menit, dan komposit *beads* optimum pada pH 6 selama 60 menit. Hasil optimasi adsorpsi Ni(II) menunjukkan waktu kontak optimum pada 60 menit, sedangkan optimasi pH dan konsentrasi kitosan *beads* terjadi pada pH 6 dengan konsentrasi 0,65 mmol/L, alumina optimum pada pH 7 dengan konsentrasi 0,65 mmol/L, dan komposit *beads* optimum pada pH 6 dengan konsentrasi 0,55 mmol/L. Jumlah teradsorpsi Ni(II)  $3,797 \times 10^{-2}$  mmol/g dan Cd(II)  $1,7997 \times 10^{-2}$  mmol/g, sehingga komposit *beads* lebih selektif mengadsorpsi Ni(II) dibandingkan Cd(II).

### Abstract

It has been done preparation of composite *beads* from chitosan and alumina for adsorption Cd(II) and Ni(II). Research includes the preparation of adsorbents (chitosan *beads*, alumina, and composite *beads*) and adsorption optimization including pH, contact time, concentration and selectivity. FT-IR characterization showed the presence of a typical group of composite *beads*. The SAA characterization showed chitosan *beads* including micropores, alumina and composite *beads* including mesopores. The optimization results of Cd(II) adsorption showed the optimum concentration at 0.55 mmol/L, while the optimization of pH and contact time of chitosan *beads* were obtained at pH 6 for 90 minutes, optimum alumina at pH 5 for 60 minutes, and optimum composite *beads* at pH 6 for 60 minutes. The optimization results of Ni(II) adsorption showed the optimum contact time at 60 minutes, while the optimization of pH and the concentration of chitosan *beads* occurred at pH 6 with a concentration of 0.65 mmol/L, optimum alumina at pH 7 with a concentration of 0.65 mmol/L, and the optimum composite *beads* at pH 6 with a concentration of 0.55 mmol/L. The amount of adsorbed Ni(II)  $3.797 \times 10^{-2}$  mmol/g and Cd(II)  $1.7997 \times 10^{-2}$  mmol/g, so that composite *beads* are more selectively adsorbing Ni(II) compared to Cd(II).

## Pendahuluan

Kadmium dan Nikel adalah contoh logam berat yang dalam bentuk garamnya sering digunakan pada beberapa pabrik untuk proses produksinya. Industri elektroplating merupakan industri yang banyak menggunakan kadmium dan nikel murni untuk melapisi logam. Hingga saat ini diketahui bahwa kadmium dan Nikel merupakan salah dua logam berat yang banyak menimbulkan toksisitas pada makhluk hidup (Agusnar *et al.*, 2007; Rahayu, 2016)

Kitosan saat ini banyak dikembangkan untuk mengurangi kadar ion logam berat yang didasarkan pada interaksi ion logam dengan gugus fungsi pada kitosan seperti gugus amino dan gugus hidroksil sebagai pengikat ion logam (Guilherme *et al.*, 2007). Interaksi antara ion logam dengan gugus fungsi kitosan yaitu terbentuknya senyawa kompleks, dimana kitosan sebagai ligan dan ion logam sebagai ion pusat. Hal ini terjadi karena adanya pasangan elektron bebas pada molekul kitosan yang mengakibatkan kitosan sebagai donor elektron (basa *Lewis*) dan ion logam sebagai reseptor elektron (asam *Lewis*). Ikatan yang terjadi antara ion logam dengan gugus amino kitosan yaitu ikatan kovalen koordinasi (Siagian *et al.*, 2016).

Kitosan dimodifikasi dengan dilapiskannya kitosan pada alumina dengan tujuan untuk memperbaiki terstruktur permukaan kitosan, menata dan mengaktifkan situs aktif kitosan. Alumina sebagai penyangga antara kitosan satu dengan yang kitosan lain sehingga situs aktif pada kitosan menjadi teratur dan efektif untuk mengadsorpsi ion logam. Selain itu, alumina yang dalam bentuk Al-O<sup>-</sup> dapat digunakan untuk menyerap ion logam. Alumina merupakan molekul yang memiliki luas permukaan yang efektif serta situs-situs aktif di permukaannya dalam mengadsorpsi ion logam sehingga kapasitas adsorpsi dari alumina dapat bertambah (Wati, 2014).

Berdasarkan uraian di atas, akan dilakukan preparasi komposit kitosan-alumina *beads* sebagai bahan penyerap ion logam kadmium(II) dan nikel(II) pada larutan. Modifikasi kitosan yang dilapiskan pada alumina diharapkan dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi dari adsorben untuk mengadsorpsi ion logam kadmium(II) dan nikel(II).

## Metode

Peralatan dalam penelitian ini yaitu *hot plate Vision* dan *magnetic stirrer*, pH-meter *EUTECH Instruments*, ayakan 100 *mesh*, oven *Bionex*, *Fourier Transform Infra-red Spectrophotometer* (FT-IR) (*Perkin Elmer Spectrum Version 10.4.00*), *Surface Area Analyzer* (SAA) *Quantachrome 1200e*, dan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) (*Perkin Elmer Analyst 400*). Bahan yang digunakan yaitu kitosan *powder*, Aluminium oxide anhydrous ( $\gamma$ -alumina), Asam oksalat 99,5%, NaOH 99%, CdCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O, NiCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O 98%, pH buffer buatan *Merck* dengan *grade pro analyst*.

Kitosan *beads* disiapkan dari 5 g *powder* kitosan dihomogenkan dengan 100 mL asam oksalat 10% dishaker selama 4 jam pada suhu kamar. Larutan kitosan ditetesi dengan NaOH 2,5M dan diaduk dengan *stirrer* selama 30 menit hingga menjadi gel *beads*. Gel *beads* yang diperoleh dipisahkan dengan filtratnya kemudian gel *beads* dinetralkan dengan aquades. Gel *beads* yang telah netral dikeringkan dalam oven 80°C selama 12 jam. Residu kering digerus dan diayak dengan ayakan 100 *mesh* (Basir, 2017).

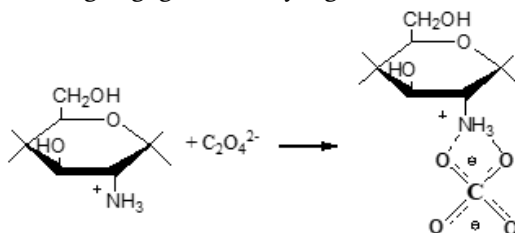
Preparasi alumina dilakukan dengan cara 12,5 g alumina *powder*, dicampur dengan 25 mL asam oksalat 10%, diaduk selama 9 jam pada suhu kamar untuk selanjutnya didiamkan hingga terpisah antara endapan dan filtrat. Endapan yang diperoleh kemudian dinetralkan dengan aquades hingga pH 7. Endapan selanjutnya dikeringkan dalam oven suhu 55°C selama 12 jam (Darjito *et al.*, 2014).

Komposit kitosan-alumina *beads* dibuat dari gel kitosan sebanyak 10,75 g ditempatkan pada *hotplate* dengan suhu 50°C. Alumina hasil preparasi sebanyak 12,5 g dicampurkan ke dalam gel kitosan dan diaduk hingga homogen, kemudian dipisahkan antara endapan dan filtrat. Endapan dinetralkan dengan aquades dan dikeringkan pada suhu 55°C selama 12 jam. Endapan kering yang diperoleh dilapisi lagi dengan gel kitosan sebanyak 10,75 gram dan diaduk hingga homogen. Larutan kitosan-alumina ditetesi larutan NaOH 2,5 M serta diaduk hingga menjadi gel komposit *beads*. Gel komposit *beads* yang diperoleh dipisahkan dengan filtratnya dan endapan dinetralkan dengan aquades hingga pH 7. Endapan komposit *beads* dioven pada 55°C hingga kering. Komposit *beads* yang sudah kering diayak hingga lolos ayakan 100 *mesh* (Darjito *et al.*, 2014).

Karakteristik gugus fungsi dan permukaan kitosan *beads*, alumina, dan komposit kitosan-alumina *beads* dianalisis dengan menggunakan FT-IR dan SAA. Penentuan kondisi optimum adsorpsi ion logam kadmium(II) dan nikel(II) dilakukan dengan menggunakan variasi pH 4,5,6,7 dan 8 pada sampel Cd(II) dan Ni(II) 0,25 mmol/L interaksi dilakukan selama 30 menit. Optimasi waktu kontak dilakukan pada larutan Cd(II) dan Ni(II) 0,25 mmol/L pH optimum dengan variasi waktu kontak 30, 45, 60, 75, dan 90 menit. Optimasi konsentrasi dilakukan pada larutan Cd(II) dan Ni(II) dengan variasi konsentrasi 0,25; 0,35; 0,45; 0,55 dan 0,65 mmol/L pada pH optimum dengan waktu kontak optimum.

## Hasil dan Pembahasan

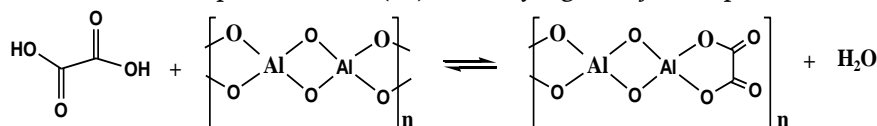
Kitosan *beads* dipreparasi dalam bentuk gel menggunakan pelarut  $C_2H_2O_4$  10%, pada keadaan asam gugus  $-NH_2$  kitosan terprotonasi menjadi  $NH_3^+$ . Pelarut  $C_2H_2O_4$  akan membentuk kompleks dengan kitosan seperti pada Gambar 1. Salah satu gugus karboksil dalam asam oksalat dapat membentuk kompleks dengan kitosan yaitu gugus terbuka melalui ikatan ionik dan gugus karboksil yang satunya dapat membentuk ikatan cross link inter dan intra molekul dengan gugus amino yang lain melalui ikatan kovalen.



**Gambar 1.** Kompleks kitosan dengan asam oksalat (Darjito *et al.*, 2006)

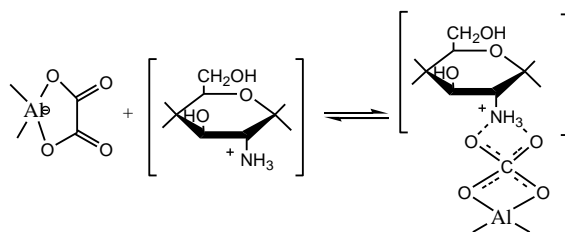
Gel kitosan yang diperoleh ditetesi dengan larutan NaOH 2,5M (pH=13) untuk mengeringkan gel sehingga mengkoagulasi gel kitosan menjadi gel *beads*. Pada proses penetesan larutan NaOH diharapkan polimer kitosan lebih tertata sehingga strukturnya lebih teratur (Basir *et al.*, 2017). Gel putih *beads* yang diperoleh dicuci hingga pH netral. Kitosan *beads* kering diayak dengan ayakan 100 *mesh* untuk menyamakan besar *beads*.

Komposit *beads* dibuat dalam tiga tahap yaitu preparasi gel kitosan, preparasi alumina, dan pencampuran gel kitosan dengan alumina yang telah dipreparasi sebelumnya. Alumina yang digunakan berupa serbuk berwarna putih. Sebelum dicampurkan dengan kitosan, alumina dipreparasi dengan cara dikeringkan dalam oven pada 110°C yang berfungsi mengurangi kadar air pada alumina. Alumina kering yang diperoleh kemudian dilarutkan dalam asam oksalat 10%. Interaksi yang terjadi antara alumina dengan  $C_2H_2O_4$  yaitu struktur cincin kompleks alumina (III) oksalat yang ditunjukkan pada Gambar 2.



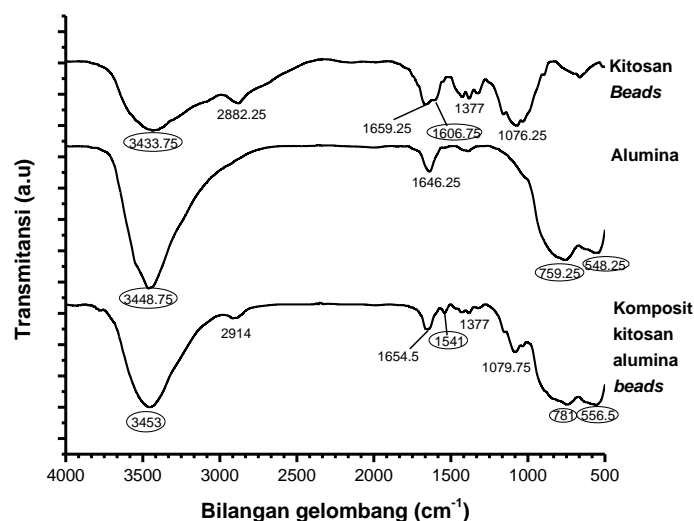
**Gambar 2.** Reaksi antara alumina dengan asam oksalat (Darjito *et al.*, 2014)

Preparasi komposit kitosan-alumina dilakukan dengan dua kali pelapisan. Pelapisan pertama, gel kitosan dicampurkan dengan akuades pada suhu 50°C. Penambahan alumina dilakukan dalam keadaan panas sambil terus diaduk. Endapan yang diperoleh dari proses penyaringan campuran ini dikeringkan dalam oven dan dihasilkan endapan dengan warna putih kekuningan. Pelapisan kedua bertujuan untuk meningkatkan jumlah kitosan pada alumina yang dilakukan dengan menambahkan gel kitosan pada komposit kitosan-alumina dalam keadaan panas. Campuran ditetesi sedikit demi sedikit dengan menggunakan NaOH hingga tercapai keadaan basa (pH 13). Larutan NaOH akan mengeringkan gel kitosan sehingga mengkoagulasi larutan menjadi gel *beads*. Pada proses penetesan larutan NaOH terjadi re-polimerisasi kitosan, diharapkan struktur kitosan lebih tertata sehingga lebih teratur dan menjadi lebih efektif dalam mengadsorpsi ion logam. Adsorben yang diperoleh kemudian digerus dan diayak 100 *mesh* untuk menyamakan ukuran *beads*. Reaksi antara kitosan dengan alumina disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Interaksi komposit kitosan-alumina (Darjito *et al.*, 2014)

Kitosan *beads*, alumina dan komposit kitosan-alumina *beads* dianalisis gugus fungsinya menggunakan Spektrofotometer infra merah. Spektra FT-IR disajikan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Spektrum FT-IR adsorben hasil preparasi

Berdasarkan data spektrum FT-IR pada Gambar 4 memperlihatkan adanya gugus O-H (gugus hidroksil) pada bilangan gelombang  $3453\text{ cm}^{-1}$  dari  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan gugus N-H amina primer dari kitosan, meskipun sumbangan gugus OH dari air juga tidak dapat diabaikan (Daifullah *et al.*, 2003). Pada spektra komposit kitosan-alumina *beads* juga terdapat gugus Al-O-Al pada bilangan gelombang  $759,25\text{ cm}^{-1}$ , dan Al-O pada bilangan gelombang  $548,25\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan bahwa alumina berhasil diintegrasikan dengan kitosan *beads* dan telah terbentuk komposit *beads* kitosan-alumina (Kurniasari *et al.*, 2015). Menurut Li *et al.*, (2013) gugus fungsi yang muncul dalam kisaran bilangan gelombang  $1000\text{-}500\text{ cm}^{-1}$  yaitu karakteristik dari aluminium oksida. Gugus O-H, C-H, C=O, dan amina dari kitosan juga masih dapat ditemukan pada spektra kitosan-alumina.

Karakteristik fisik hasil analisis meliputi luas permukaan dan ukuran pori baik diameter pori dan total volume pori. Data hasil analisis BET disajikan pada Tabel 1.

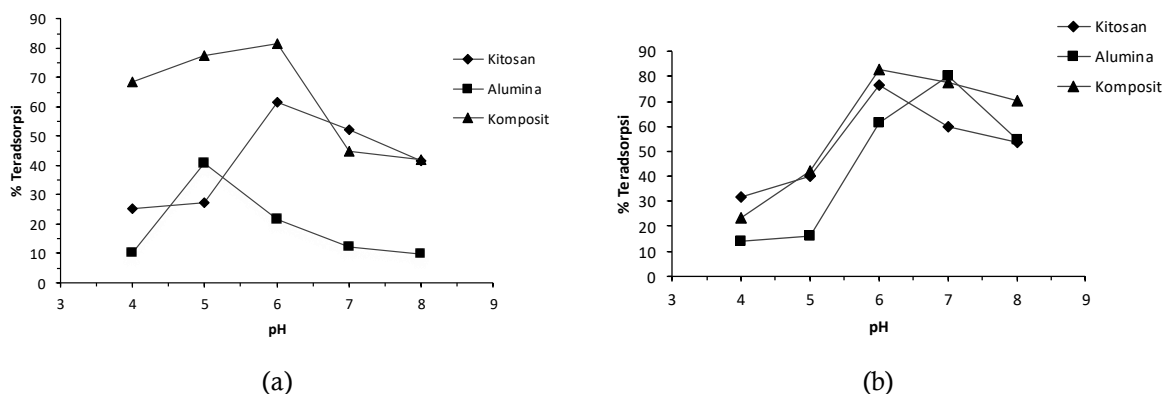
**Tabel 1.** Karakteristik permukaan adsorben

Adsorben	Luas permukaan ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	Diameter pori (nm)	Total volume pori ( $\text{cc}/\text{g}$ )
Kitosan <i>beads</i>	30,793	1,84587	$2,842 \times 10^{-2}$
Alumina	114,143	4,07426	$2,325 \times 10^{-1}$
Komposit kitosan-alumina <i>beads</i>	130,707	3,97992	$2,601 \times 10^{-1}$

Karakteristik diameter pori diklasifikasikan ke dalam tiga kategori diameter pori : makropori (diameter  $>50\text{ nm}$ ), mesopori ( $2 < \text{diameter} < 50\text{ nm}$ ), dan mikropori (diameter  $< 2\text{ nm}$ ) (Futalan *et al.*, 2011). Kitosan *beads* memiliki luas permukaan  $30,793\text{ m}^2/\text{g}$  dan diameter pori  $1,84587\text{ nm}$  sehingga termasuk ke dalam kategori mikropori sedangkan alumina memiliki luas permukaan  $114,143\text{ m}^2/\text{g}$  dan diameter pori  $4,07426\text{ nm}$ , diameter pori alumina termasuk ke dalam kategori mesopori. Dan komposit kitosan-alumina *beads* memiliki diameter pori  $3,97992\text{ nm}$ , diameter pori komposit kitosan-alumina *beads* termasuk ke dalam kategori mesopori. Komposit kitosan-alumina *beads* memiliki luas permukaan  $130,707\text{ m}^2/\text{g}$ .

Tabel 1 menunjukkan bahwa komposit kitosan-alumina *beads* mempunyai luas permukaan, diameter pori, dan total volume pori yang lebih besar dibandingkan dengan kitosan *beads*. Hal ini karena penambahan alumina mampu meningkatkan ukuran pori adsorben. Komposit kitosan-alumina *beads* mempunyai luas permukaan yang lebih besar daripada luas permukaan kitosan *beads* dan alumina yaitu sebesar  $130,707\text{ m}^2/\text{g}$ . Menurut Siamak *et al.* (2015), penambahan alumina ke dalam larutan kitosan bertujuan sebagai porogen atau untuk memberikan pori pada kitosan sehingga luas permukaan kitosan akan semakin luas.

Adsorben hasil preparasi ini diuji kinerjanya untuk mengadsorpsi ion logam kadmium(II) dan nikel(II) dengan 4 uji optimasi, yaitu optimasi pH, optimasi waktu kontak, optimasi konsentrasi, dan selektivitas adsorben dalam mengadsorpsi ion logam Cd(II) dan Ni(II). Variasi pH dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap penyerapan ion logam kadmium(II) dan nikel(II) menggunakan kitosan *beads*, alumina dan komposit *beads*. Hasil adsorpsi pada variasi pH ketiga adsorben pada ion logam kadmium(II) dan nikel(II) ditunjukkan pada Gambar 5.



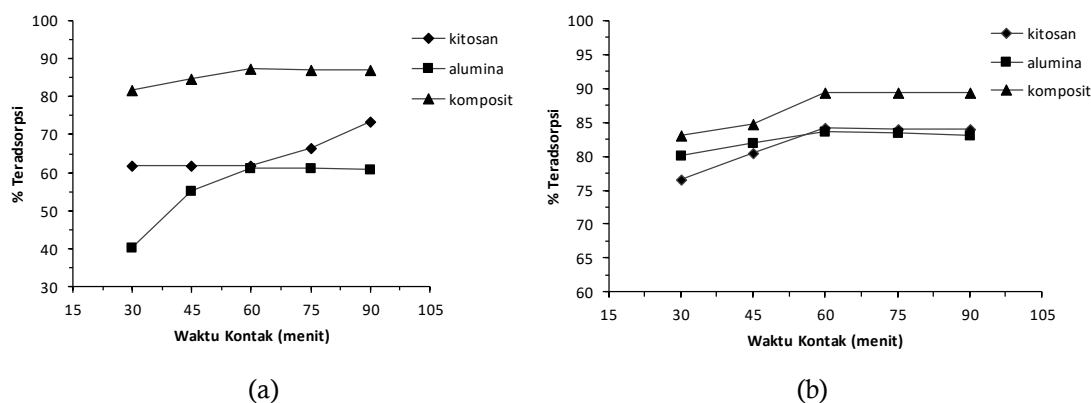
**Gambar 5.** Kurva pengaruh pH terhadap % teradsorpsi (a) ion logam kadmium(II) dan (b) ion logam nikel(II) pada adsorben

Pada gambar 5 menunjukkan adsorpsi kedua ion logam oleh kitosan *beads* mengalami kenaikan dari pH 4-6. Adsorpsi pada pH 4 dan 5 tidak terlalu besar karena pada kondisi tersebut terlalu banyak ion  $H^+$  dalam larutan. Menurut Basir *et al.* (2017), keberadaan ion  $H^+$  ini menyebabkan gugus amina ( $-NH_2$ ) pada kitosan terprotonasi menjadi  $-NH_3^+$  sehingga ada persaingan antara ion logam dengan ion  $H^+$  dalam berinteraksi dengan gugus amina yang terdapat pada kitosan *beads*. Adsorpsi naik ketika pH larutan dinaikkan menjadi 6. Hal ini dikarenakan dengan naiknya pH, maka jumlah ion  $H^+$  dalam larutan berkurang yang menyebabkan semakin sedikit gugus amina yang terprotonasi. Selanjutnya adsorpsi mengalami penurunan pada pH 6-8. Penurunan adsorpsi disebabkan oleh kondisi pH yang semakin tinggi atau basa, maka semakin banyak ion-ion  $OH^-$  dalam larutan yang menyebabkan ion logam Cd(II) menjadi  $Cd(OH)_2$  dan ion logam Ni(II) menjadi  $Ni(OH)_2$  yang akan mengendap. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh pH 6 merupakan pH optimum dalam mengadsorpsi ion logam kadmium(II) dan nikel(II) dengan menggunakan kitosan *beads*.

Alumina memiliki nilai PZC (*Point of Zero Charge*) sebesar 6,47-6,87 (Goynes *et al.*, 2002), dimana pada pH PZC muatan permukaan alumina adalah nol ( $Al-OH$ ). Gugus hidroksil pada alumina dapat mengalami protonasi menjadi  $Al-OH_2^+$  pada pH dibawah PZC sedangkan pada pH diatas PZC sebagian besar muatan permukaan alumina menjadi negatif  $Al-O^-$ , namun pada pH mendekati PZC alumina mengalami deprotonasi menjadi bermuatan negatif ( $Al-O^-$ ) dan mengalami peningkatan hingga pH basa (Farda *et al.*, 2013). Adsorpsi ion logam pada pH asam relatif sedikit, hal ini terjadi karena pada kondisi tersebut terlalu banyak ion  $H^+$  dalam larutan. Keberadaan ion  $H^+$  ini menyebabkan alumina mengalami protonasi membentuk  $Al-OH_2^+$  sehingga terjadi persaingan antara ion logam dengan ion  $H^+$  dalam berikatan dengan uatan permukaan alumina akibatnya kapasitas adsorpsi ion logam mengalami penurunan. Dengan meningkatkan pH, muatan positif pada permukaan adsorben berkurang sehingga melemahkan persaingan ion  $H^+$  dengan ion logam. Adsorpsi ion logam Ni(II) mencapai optimum pada pH 7, yaitu pada kondisi muatan permukaan negatif  $Al-O^-$ . Pada kondisi tersebut  $Al-O^-$  dapat berinteraksi elektrostatis dengan ion logam Ni(II). Akan tetapi, adsorpsi optimum ion logam Cd(II) oleh alumina terjadi pada pH 5, hal ini disebabkan karena menurut Farda *et al.* (2013), pada pH 5 sebagian kecil permukaan alumina bermuatan  $Al-O^-$ , sehingga dapat berinteraksi elektrostatis dengan ion logam Cd(II).

Adsorpsi ion logam kadmium(II) dan nikel(II) oleh komposit *beads* mencapai titik optimum pada pH 6 dengan adsorpsi sebesar 81,63% dan 83,03%. Kemampuan adsorben komposit kitosan-alumina *beads* untuk menyerap ion logam dapat dijelaskan bahwa pada pH 6 konsentrasi ion  $H^+$  berkurang yang akibatnya gugus aktif kitosan berada dalam bentuk  $NH_2$ . Gugus  $NH_2$  ini dapat berinteraksi dengan ion logam Cd(II) membentuk kompleks  $NH_2Cd^{2+}$  dan  $NH_2Ni^{2+}$ . Pada pH 6 permukaan alumina menjadi  $Al-O^-$ , sehingga dapat berinteraksi elektrostatis dengan ion logam. Selain itu, bentuk situs aktif  $NH_3^+$  yang sudah terikat dengan gugus karboksilat sehingga situs pengikat ion logam adalah gugus karboksilat dari kitosan-oksalat. Gugus karboksilat ini dapat berinteraksi dengan ion logam melalui ikatan ionik (Darjito *et al.*, 2006).

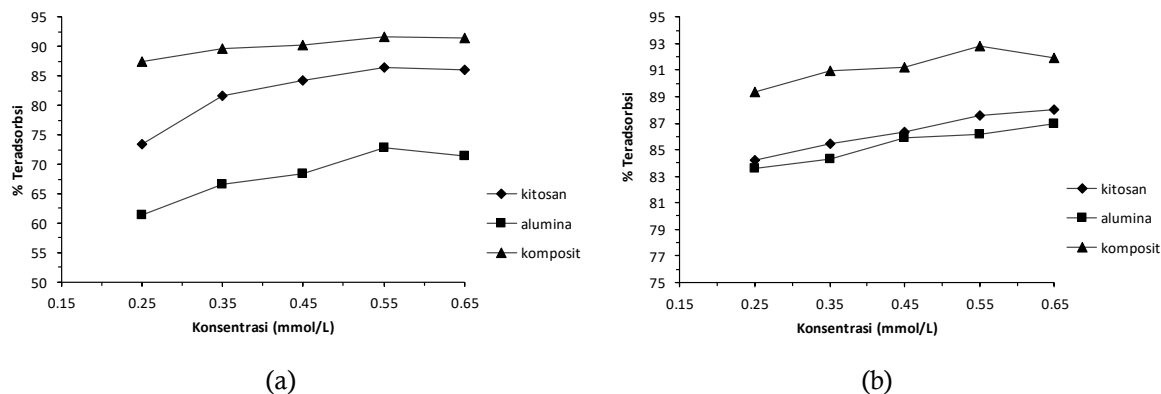
Tujuan dari optimasi waktu kontak penyerapan ion logam yaitu untuk mengetahui berapa lama waktu yang digunakan untuk mengadsorpsi ion logam secara optimal oleh adsorben. Hasil uji penentuan waktu optimum dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Kurva pengaruh waktu kontak terhadap % teradsorpsi (a) ion logam Cd(II) dan (b) ion logam Ni(II) pada adsorben

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa kurva adsorpsi mengalami peningkatan pada menit ke 30-60 dan menjadi konstan pada menit 60-90 sehingga waktu kontak penyerapan ion logam Cd(II) dan Ni(II) oleh adsorben optimum pada 60 menit. Setelah 60 menit, adsorpsi mengalami penurunan serta konstan, hal ini disebabkan adsorben telah jenuh oleh ion logam sehingga tidak dapat lagi bereaksi karena kesetimbangan reaksi telah tercapai. Hal ini sesuai dengan penelitian Ardana *et al.* (2014), bahwa penambahan waktu setelah terjadi kesetimbangan tidak mempengaruhi hasil adsorpsi karena permukaan adsorben telah dipenuhi oleh ion logam yang diserap dan adsorben mencapai titik jenuh sehingga adsorben tidak dapat mengadsorpsi ion logam lagi. Akan tetapi pada kitosan *beads* adsorpsi ion logam Cd(II) masih mengalami peningkatan hingga 90 menit karena adsorben belum jenuh oleh ion logam Cd(II) dan masih terdapat gugus aktif yang dapat mengadsorpsi ion logam Cd(II).

Tujuan optimasi konsentrasi yaitu untuk mengetahui konsentrasi optimum adsorben dalam mengadsorpsi ion logam kadmium(II) dan nikel(II). Hasil uji penentuan konsentrasi awal ion logam kadmium(II) dan nikel(II) optimum oleh adsorben dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Kurva pengaruh konsentrasi terhadap % teradsorpsi (a) ion logam kadmium(II) dan (b) ion logam nikel(II) pada adsorben

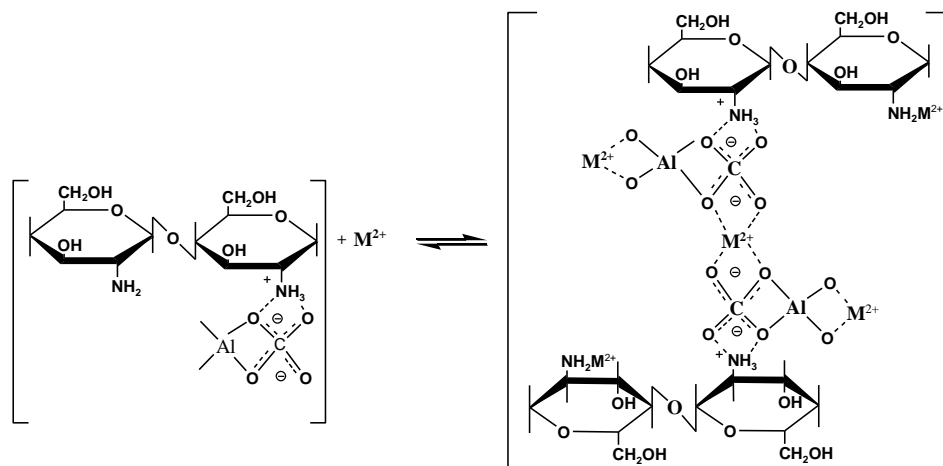
Adsorpsi mengalami peningkatan pada konsentrasi awal larutan 0,25-0,55 mmol/L dan mengalami penurunan pada konsentrasi 0,65 mmol/L sehingga konsentrasi optimum penyerapan kedua ion logam terjadi pada konsentrasi 0,55 mmol/L. Pada konsentrasi dibawah 0,55 mmol, kandungan ion logam pada larutan lebih sedikit bila dibandingkan dengan kandungan gugus aktif adsorben sehingga adsorpsi masih mengalami peningkatan. Sedangkan pada konsentrasi diatas 0,55 mmol/L, kandungan ion logam pada larutan lebih banyak dibandingkan dengan kandungan gugus aktif adsorben sehingga adsorben mencapai titik jenuh dalam menyerap ion logam. Menurut Lestari *et al.* 2011 saat mencapai kesetimbangan, permukaan adsorben sudah jenuh oleh ion-ion logam sehingga penambahan konsentrasi tidak akan mempengaruhi proses penyerapan. Akan tetapi pada kitosan *beads* dan alumina adsorpsi ion logam Ni(II) masih mengalami peningkatan sampai konsentrasi 0,65 mmol/L karena kitosan *beads* dan alumina belum jenuh oleh ion logam nikel(II) dan masih terdapat gugus aktif yang dapat menyerap ion logam nikel(II).

Tujuan dari penentuan selektivitas adsorpsi yaitu mengetahui selektivitas adsorben pada kompetisi ion logam Cd(II) maupun Ni(II). Data selektivitas adsorpsi disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data selektivitas adsorben dalam adsorpsi ion logam kadmium(II) dan nikel(II)

Jenis adsorben	Ion logam	Jumlah teradsorpsi (mmol/g)
Kitosan <i>beads</i>	Cd(II)	$8,600 \times 10^{-3}$
	Ni(II)	$1,647 \times 10^{-2}$
Alumina	Cd(II)	$1,166 \times 10^{-2}$
	Ni(II)	$3,193 \times 10^{-2}$
Komposit kitosan-alumina <i>beads</i>	Cd(II)	$1,7997 \times 10^{-2}$
	Ni(II)	$3,797 \times 10^{-2}$

Berdasarkan hasil yang diperoleh, menunjukkan bahwa selektivitas ion logam Ni(II) lebih tinggi jika dibandingkan ion logam Cd(II). Menurut prinsip HSAB (*Hard Soft Acid Base*) oleh Pearson, kelompok asam-asam keras mudah berinteraksi dengan kelompok basa-basa keras sedangkan kelompok asam-asam lunak mudah berinteraksi dengan basa-basa lunak. Ion logam Cd(II) tergolong dalam asam lunak dan ion logam Ni(II) tergolong dalam asam madya/menengah sedangkan gugua amina (-NH<sub>2</sub>) bersifat basa keras. Dengan demikian adsorben dapat berinteraksi kuat dengan ion logam Ni(II) yang bersifat asam madya, sehingga menjadi tidak selektif terhadap ion logam Cd(II). Selain itu jari-jari ionik ion logam Ni(II) relatif lebih kecil dari Cd(II). Ion logam Ni(II) memiliki jari-jari sebesar 0,69 Å dan ion logam Cd(II) memiliki jari-jari sebesar 0,97 Å. Ion logam Ni(II) memiliki tingkat keasaman yang tinggi daripada ion logam Cd(II) sehingga ion logam Ni(II) lebih mudah berinteraksi dengan gugus aktif adsorben. Reaksi antara komposit kitosan-alumina *beads* dengan ion logam kadmium(II) dan nikel(II) disajikan pada Gambar 8.

**Gambar 8.** Prediksi interaksi komposit kitosan-alumina *beads* dengan ion logam Cd(II) dan Ni(II)

### Simpulan

Karakteristik gugus fungsi adsorben menggunakan FT-IR menunjukkan gugus fungsi khas -OH, C=O, -NH, C-O, Al-O-Al, dan Al-O dalam produk komposit kitosan-alumina *beads* hasil preparasi. Karakterisasi SAA menunjukkan kitosan *beads* termasuk dalam kategori mikropori, alumina dan komposit *beads* termasuk mesopori. Hasil optimasi adsorpsi Cd(II) menunjukkan konsentrasi optimum pada 0,55 mmol/L, sedangkan optimasi pH dan waktu kontak kitosan *beads* diperoleh pada pH 6 selama 90 menit, alumina optimum pada pH 5 selama 60 menit, dan komposit *beads* optimum pada pH 6 selama 60 menit. Hasil optimasi adsorpsi Ni(II) menunjukkan waktu kontak optimum pada 60 menit, sedangkan optimasi pH dan konsentrasi kitosan *beads* terjadi pada pH 6 dengan konsentrasi 0,65 mmol/L, alumina optimum pada pH 7 dengan konsentrasi 0,65 mmol/L, dan komposit *beads* optimum pada pH 6 dengan konsentrasi 0,55 mmol/L. Jumlah teradsorpsi Ni(I)  $3,797 \times 10^{-2}$  mmol/g dan Cd(II)  $1,7997 \times 10^{-2}$  mmol/g, sehingga komposit *beads* lebih selektif mengadsorpsi Ni(II) daripada Cd(II).

### Daftar Pustaka

Agusnar, H. 2007. Penggunaan Kitosan dari Tulang Rawan Cumi-cumi (*Loligo pealli*) untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Cd dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Sains Kimia*, 11(1):15-20

- Ardana, S.K., E.B. Susatyo, & F.W. Mahatmanti. 2014. Sintesis Silika-Kitosan Bead untuk Menurunkan Kadar Ion Cd(II) dan Ni(II) dalam Larutan. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3 (3): 193–197
- Basir, I.F., F.W. Mahatmanti, & S. Haryani. 2017. Sintesis Komposit Beads Kitosan/Arang Aktif Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi Ion Cu(II). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6 (2): 181-188
- Darjito., D. Purwonugroho, & S.N. Nisa. 2006. Study on Adsorption of Cd(II) By Chitosan-Alumina. *Indonesian Journal of Chemistry Research*, 6 (3): 238-244
- Darjito., D. Purwonugroho, & R. Ningsih. 2014. The Adsorption of Cr (VI) Ions Using Chitosan-Alumina Adsorbent. *Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 3 (2): 53–61
- Farda, E, & D.K. Maharani. 2013. Penentuan pH Optimum dan Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Ni(II) oleh Komposit Kitosan-Alumina. *UNESA Journal of Chemistry*, 2 (1): 9–23
- Guilherme, M.R., A.V. Reis., A.T. Paulino., A.R. Fajardo., E.C. Muniz, & E.B. Tambourgi. 2007. Superabsorbent Hydrogel Based on Modified Polysaccharide for Removal of Pb and Cu from Water with Excellent Performance. *Journal of Applied Polymer Science*, 105 (5): 2903–2909
- Kurniasari, I.D. & D.K. Maharani. 2015. Pembuatan Komposit Kitosan Alumina sebagai Agen Fiksasi Zat Warna Rodamin B pada Kain Katun. *UNESA Journal of Chemistry*, 4 (1): 75–80
- Lestari, I. & Sanova, A. 2011. Penyerapan Logam Berat Kadmium(Cd) menggunakan Hasil Transformasi Kitin dari Kulit Udang (*Penaeus sp.*). ISSN 0852-8349, 13 (1): 09-14
- Li, W. Y., J. Li., H. Chen., Y. Deng., B. Zhang., Z. Wang., X. Zhang, & S. Hong. 2013. Application of Oxalic Acid Cross-linking Activated Alumina/Chitosan Biocomposites in Defluoridation from Aqueous Solution. Investigation of adsorption mechanism. *Chemical Engineering Journal*, 225: 865–872
- Siagian, H.S., R. Surbakti, & D.Y. Nasution. 2016. Studi Daya Serap Film Kitosan-Mikrokristal Selulosa Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) sebagai Adsorben Logam Kadmium (Cd) Menggunakan Metode Adsorpsi-Filtrasi Kolom. *Prosiding*. ISBN: 978-602-432-004-2
- Siamak, Z., M. Zarei., F. Darvishi, & H. Azizi. 2015. As(III) Adsorption and Antimicrobial Properties of Cu-Chitosan/Alumina Nanocomposite. *Chemical Engineering Journal*
- Wati, N.F.N. 2014. Peningkatan Kualitas Minyak Nilam melalui Proses Adsorpsi menggunakan Adsorben  $\gamma$ -Alumina dengan Sistem Flow. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 2 (1): 84-95.