



## Adsorpsi Ion Logam Nikel(II) oleh Kitosan Termodifikasi Tripolifosfat

Puji Rahayu<sup>a</sup>, Khabibi<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Analytical Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang

\* Corresponding author: [khabibi@live.undip.ac.id](mailto:khabibi@live.undip.ac.id)

Article Info	Abstract
<p>Keywords: chitosan-tripolyphosphate, adsorbent, adsorption capacity</p>	<p>Research on adsorption of nickel(II) metal ions by thermodynamic chitosan tripolyphosphates has been conducted. The purpose of this study was to make chitosan-tripolyphosphate to be used as an adsorbent of Ni(II) metal ions at pH conditions and optimum contact time. The method used to make chitosan-tripolyphosphate was the ionic gelation method. The resulting adsorbents were then characterized using Fourier Transform Infra Red (FTIR) spectroscopy. The results showed that the optimum condition of chitosan-tripolyphosphate to Ni(II) metal ion adsorption was at five hours contact time and pH of 5. Maximum adsorption capacity value was 3.3 mg/g using Langmuir isotherm model.</p>
<p>Kata Kunci: kitosan-tripolifosfat, adsorben, kapasitas adsorpsi</p>	<p>Abstrak</p> <p>Penelitian tentang adsorpsi ion logam nikel (II) oleh kitosan termodifikasi tripolifosfat telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat kitosan-tripolifosfat untuk digunakan sebagai adsorben ion logam Ni(II) pada kondisi pH dan waktu kontak optimum. Metode yang digunakan untuk membuat kitosan-tripolifosfat adalah metode gelasi ionik. Adsorben yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi menggunakan spektroskopi Fourier Transform Infra Red (FTIR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa keadaan optimum adsorpsi kitosan-tripolifosfat terhadap ion logam Ni(II) adalah pada waktu kontak lima jam dan pH=5. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum yang dihitung adalah sebesar 3,3 mg/g dengan menggunakan model isotherm Langmuir.</p>

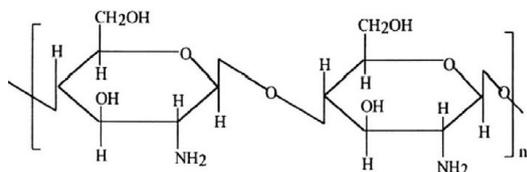
### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang. Seperti banyak negara berkembang lainnya, sektor industri dijadikan prioritas oleh pemerintah. Akibatnya, pabrik-pabrik yang telah bermunculan ini, tak jarang memberikan dampak negatif bagi lingkungan, yakni menghasilkan limbah yang merupakan polutan perairan yang berbahaya bagi kehidupan. [1]. Dalam limbah biasanya dijumpai lebih dari satu macam logam, misalnya limbah industri pengecatan logam (perchrom) menghasilkan limbah cair yang mengandung ion logam kromium, nikel, dan zink [2].

Logam Nikel (Ni) dan senyawanya merupakan salah satu polutan berbahaya bersifat karsinogenik yang bisa mengakibatkan kematian terhadap manusia. Senyawa Ni dalam bentuk Ni-sulfida akan menyebabkan kanker paru-paru, kanker rongga hidung dan juga bisa terjadi kanker pita suara. Menurut baku mutu yang diizinkan, kadar Ni dalam limbah cair di perairan adalah 1,0 mg/L. Oleh karena itu, keberadaan logam tersebut perlu diminimalkan atau bahkan dihilangkan salah satunya dengan metode adsorpsi.

Adsorpsi adalah teknik fisika-kimia yang melibatkan perpindahan massa antara fase cair dan padat [3, 4]. Metode tersebut dapat dilakukan dengan memanfaatkan polimer alam (biopolimer) sebagai adsorben, salah satunya yaitu kitosan. [5, 6].

Kitosan merupakan biopolimer hasil dari deasetilasi kitin yang memiliki gugus amina. Gugus amina tersebut berperan dalam berbagai mekanisme reaksi adsorpsi dengan ion logam. Adanya gugus amina menyebabkan kitosan dapat dimodifikasi sehingga kemampuan adsorpsinya meningkat [2].



Gambar 1. Struktur molekul kitosan

Salah satu modifikasi kitosan adalah dengan penambahan natrium tripolifosfat (Na-TPP). Kitosan merupakan polikationik di dalam media asam dan dapat berinteraksi dengan spesies negatif seperti tripolifosfat (TPP). Natrium tripolifosfat (Na-TPP) merupakan agen *crosslink* yang murah, tidak beracun serta dapat menstabilkan kitosan dan memperkecil ukuran partikel sehingga meningkatkan daya adsorpsi kitosan terhadap logam berat [7]. Dilakukan modifikasi kitosan secara fisik atau kimia untuk membuat kinerja kitosan lebih baik.

Modifikasi kitosan dengan natrium tripolifosfat pernah dilakukan oleh Gierszewska-Druyska dan Ostrowska-Czubenko [8] untuk membuat membran selektif pengadsorpsi Cu(II) dan Zn(II). Kapasitas adsorpsi Cu(II) dan Zn(II) dengan membran kitosan-tripolifosfat lebih besar dibandingkan dengan membran kitosan murni. Bhumkar dan Pokharkar [9] telah memodifikasi kitosan dengan natrium tripolifosfat dalam pembelajaran pengaruh pH. Interaksi kitosan dengan tripolifosfat akan membentuk biokompatibel pengikat silang kitosan. Sivakami *dkk* [7] melakukan penelitian tentang adsorpsi Cr(VI) oleh nanokitosan termodifikasi tripolifosfat, hasilnya ialah turunnya bilangan oksidasi Cr dari Cr(VI) menjadi Cr(III).

Berdasarkan keberhasilan beberapa penelitian tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi kitosan dengan natrium tripolifosfat (Na-TPP) sebagai agen *crosslink* yang kemudian dimanfaatkan sebagai adsorben ion logam Ni(II). Dilakukan penentuan pH dan waktu kontak optimum sehingga diharapkan dapat memperoleh kapasitas adsorpsi maksimum sebagai adsorben ion logam Ni(II).

## 2. Metode Penelitian

### Alat dan Bahan

Alat: Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas alat-alat gelas, pipet, pengaduk, aluminium foil, *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Simadzu, *Magnetic stirrer*, pH meter, Kertas indikator pH, *Freeze dryer*, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) JSM-35C, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Shimadzu, Timbangan analitis (Ohaus PA214 Pioneer), oven, kaca arloji, dan *sentrifuge* (Kokusen H-103n). Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas sampel kitosan produksi IPB, CH<sub>3</sub>COOH (merck) p.a, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (merck) p.a, Natrium Tripolifosfat (Na<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub>) teknis,

NaOH (merck) p.a, NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O (merck) p.a, aquades, aquabides, aqua DM, dan kertas saring.

### Re-deasetilasi Kitosan

Serbuk kitosan seberat 30 gram direndam dalam 450 mL NaOH 50% (1:15 b/v) kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 250 rpm, dipanaskan pada suhu 85°-90° C selama 4 jam. Residu dan filtrat dipisahkan dengan penyaringan. Residu dinetralkan melalui pencucian menggunakan akuades sampai pH netral, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60° C selama 3 jam. Kitosan dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam struktur kitosan. Data spektra FTIR yang diperoleh digunakan untuk menentukan derajat deasetilasi (DD) kitosan dengan metode *base line* [10].

### Pembuatan Kitosan Termodifikasi Tripolifosfat

Modifikasi kitosan dilakukan dengan cara penambahan Na-TPP pada kitosan yang telah dilarutkan dalam asam asetat berdasarkan metode gelasi ionik [7]. Sebanyak 1 gram Kitosan re-deasetilasi dilarutkan dalam 100 mL asam asetat 1% dalam gelas beker, sampai terbentuk gel kitosan. Gel kitosan yang terbentuk tersebut lalu disaring, diambil sebanyak 25 mL lalu ditambahkan dengan 5 mL natrium tripolifosfat 1% tetes demi tetes sambil dilakukan pengadukan dalam *magnetic stirrer* dengan kecepatan 1200 rpm selama 3 jam, selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 2500 rpm selama 40 menit. Residu kitosan yang diperoleh lalu dikeringkan dengan *freeze dryer* sampai terbentuk serbuk kitosan-tripolifosfat.

### Karakterisasi kitosan-tripolifosfat

Karakterisasi gugus fungsi *crosslink* yang terbentuk dalam struktur kitosan-tripolifosfat menggunakan instrumen *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

### Adsorpsi ion Ni(II) oleh kitosan-tripolifosfat

#### Variasi waktu kontak

Larutan Ni(II) dari garam NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O dengan konsentrasi 10 ppm, volume 15 mL pada pH 2, selanjutnya dimasukkan dalam erlenmeyer 100 mL yang berisi 0,15 g adsorben, masing-masing gelas beker diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Kemudian disaring dan filtrat yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

#### Variasi pH

Masing-masing larutan Ni(II) dari garam NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O dengan konsentrasi 10 ppm, volume 15 mL diatur keasamannya pada pH 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 dengan menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH. Selanjutnya dimasukkan ke dalam gelas beker 100 mL yang telah terisi 0,15 g adsorben. Masing-masing erlenmeyer diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama waktu kontak optimum. disaring, filtrat yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

**Penentuan kapasitas adsorpsi maksimum**

Larutan ion logam Nikel (II) sebanyak 15 mL dengan variasi konsentrasi 10; 20; 30; 40; dan 50 ppm dengan interval 10 ppm yang telah dikondisikan pada pH optimum dimasukkan kedalam gelas beker 100 mL yang telah berisi 0,15 gram kitosan- tripolifosfat kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* kecepatan 100 rpm selama waktu kontak optimum, Selanjutnya disaring dan filtrat diukur konsentrasinya menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

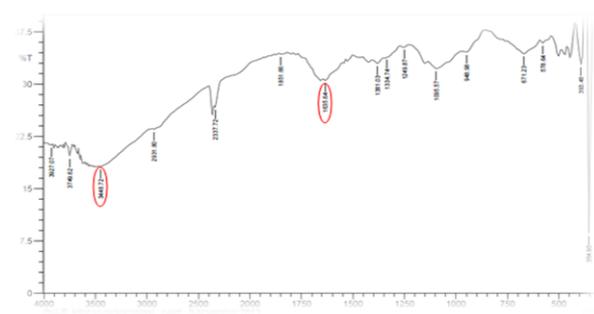
**3. Hasil dan Pembahasan**

**Re-deasetilasi Kitosan**

Re-deasetilasi kitosan dilakukan untuk meningkatkan derajat deasetilasi kitosan awal. Semakin tinggi derajat deasetilasi kitosan diharapkan meningkatkan kemampuan kitosan untuk mengadsorpsi logam.

Suhu pada proses re-deasetilasi dijaga 85°-90°C selama 4 jam dengan pengadukan. Kondisi tersebut digunakan karena ikatan antara atom nitrogen pada gugus amina dan atom karbon pada gugus asetil sangat kuat. Proses deasetilasi dalam basa kuat panas menyebabkan hilangnya gugus asetil (-COCH<sub>3</sub>) melalui pemutusan ikatan antara karbon dan nitrogen pada gugus amida (-NH) sehingga berubah menjadi gugus amina (-NH<sub>2</sub>). Reaksi ini melalui 2 tahap, yaitu tahap adisi OH<sup>-</sup> dan tahap eliminasi yang disertai dengan serah terima elektron bebas. Proses penghilangan gugus asetil (-COCH<sub>3</sub>) pada kitin dan perubahan menjadi gugus amina (NH<sub>2</sub>) disebut proses deasetilasi yang bertujuan membuat kitin menjadi kitosan.

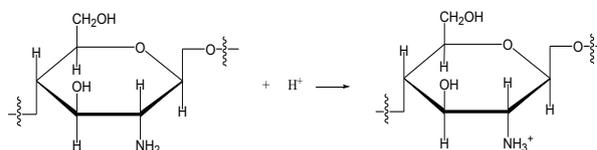
Berdasarkan gambar 2 menunjukkan ada beberapa titik bilangan gelombang yang memprediksikan adanya gugus fungsi spesifik pada kitosan. Gugus fungsi khas kitosan terdapat pada peak 344,8,72 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan gugus fungsi uluran OH dan uluran N-H serta peak 1635,64 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan gugus C=O suatu amida (-NHCO) dan gugus fungsi N-H tekuk (Puspawati dan Simpen, 2010). Selain itu juga didapatkan informasi pada bilangan gelombang 2931,80 cm<sup>-1</sup> diprediksikan terdapat gugus uluran C-H. Pada bilangan gelombang 1334,74 cm<sup>-1</sup> uluran CN dan OH tekuk, uluran C-O terlihat pada bilangan gelombang 1095,57 cm<sup>-1</sup> Sedangkan C-H (metil) tekuk terlihat pada bilangan gelombang 1381,03 cm<sup>-1</sup>.



Gambar 2. Spektra FTIR Kitosan Redeasetilasi

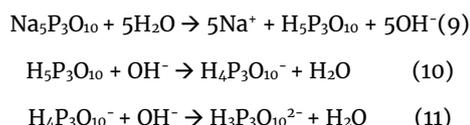
**Pembuatan kitosan-tripolifosfat**

Kitosan hasil re-deasetilasi dengan derajat deasetilasi sebesar 72.25% dilarutkan ke dalam asam asetat 1%. Proses kelarutan kitosan berlangsung melalui reaksi protonasi. Gugus amina pada kitosan akan menerima H<sup>+</sup> yang dilepas oleh asam asetat sehingga menjadi bermuatan positif (-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>). Terbentuknya ion tersebut menyebabkan kitosan menjadi terlarut.



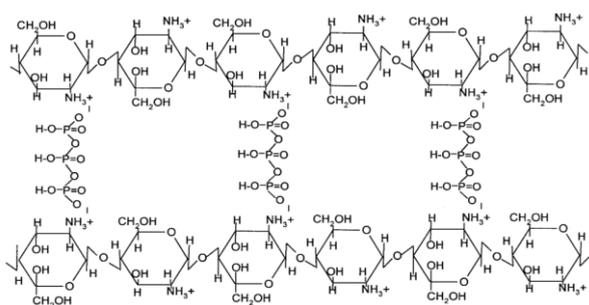
Gambar 3. Protonasi kitosan

Pada saat pelarutan kitosan dalam asam asetat, dilakukan pula pelarutan natrium tripolifosfat dalam akuabides yang selanjutnya digunakan sebagai agen pengikat silang pada kitosan. Natrium tripolifosfat yang dilarutkan kedalam aquabides akan terdisosiasi menghasilkan anion tripolifosfat (H<sub>3</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub><sup>2-</sup>) [9]. Menurut Tantowidjojo *dkk* [11], reaksi disosiasi Na-TPP dalam aquabides adalah sebagai berikut.



Larutan natrium tripolifosfat kemudian ditetaskan pada larutan kitosan yang telah dilarutkan dalam asam asetat, sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sampai homogen. Pengadukan dilakukan pada kecepatan tinggi (1200 rpm) selama 3 jam tujuannya adalah untuk membentuk butiran kitosan-tripolifosfat dengan ukuran yang lebih kecil agar luas permukaannya lebih luas, sehingga kapasitas kitosan dalam mengadsorpsi logam menjadi lebih besar.

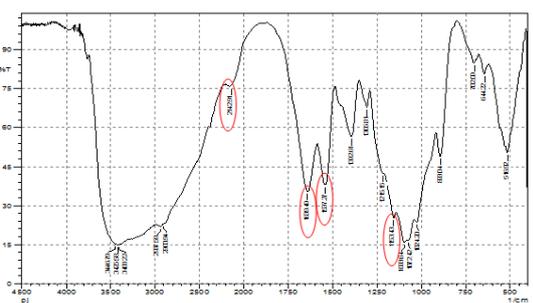
Perbandingan antara kitosan dengan natrium tripolifosfat adalah 5:1. Perbandingan tersebut dimaksudkan agar agen *crosslink* yang ditambahkan tidak terlalu banyak namun masih dapat menstabilkan struktur kitosan. Jika agen *ccrosslink* yang berikatan dengan -NH<sub>3</sub><sup>+</sup> terlalu banyak maka dapat menurunkan kapasitas gugus -NH<sub>3</sub><sup>+</sup> yang akan berikatan dengan ion logam [12]. Penambahan natrium tripolifospat secara tetes demi tetes dilakukan agar tidak terjadi solidifikasi kitosan-tripolifospat secara cepat ketika proses reaksi gelasi ionik berlangsung yang dikhawatirkan akan membuat hasil akhir butiran kitosan-tripolifospat menjadi gumapalan besar. Proses pencampuran larutan kitosan dengan tripolifosfat menyebabkan gugus amin pada kitosan yang bermuatan positif (-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>) akan berinteraksi dengan gugus tripolifosfat yang bermuatan negatif (H<sub>3</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub><sup>2-</sup>) melalui interaksi ionik membentuk ikatan *crosslink* [13]. Menurut Tantowidjojo *dkk* [11] pembentukan antara kitosan dengan ion tripolifosfat dapat diprediksikan sebagai berikut :



Gambar 4. *Crosslinking* yang terbentuk pada kitosan

Larutan kitosan-tripolifosfat kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 2500 rpm selama 40 menit yang bertujuan untuk memisahkan larutan asetat dengan endapan kitosan-tripolifosfat. Prinsip dari sentrifugasi adalah pemisahan berdasarkan perbedaan massa, ukuran atau panjang partikel dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. Kitosan tripolifosfat merupakan biopolimer yang memiliki berat molekul yang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan asam asetat sehingga dari proses sentrifugasi didapatkan kitosan tripolifosfat yang berupa endapan putih kemudian dikeringkan menggunakan *freeze dryer* di dalam ruang pembeku vakum yang bertujuan untuk menghasilkan produk kering dengan mempertahankan mutu dari hasil pengeringan kitosan-tripolifosfat. Hasil pengeringan tersebut berupa bongkahan-bongkahan kitosan-tripolifosfat berwarna coklat yang selanjutnya dihaluskan hingga menjadi serbuk kitosan-tripolifosfat yang berukuran lebih kecil.

Selanjutnya, karakterisasi sampel kitosan-tripolifosfat dilakukan dengan spektrofotometer FTIR yang tujuannya untuk mengetahui adanya gugus fosfat dari agen *crosslink* pada kitosan. Spektra FTIR dari hasil modifikasi kitosan menggunakan tripolifosfat dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 5. Spektra FTIR kitosan-tripolifosfat

Spektra FTIR kitosan-tripolifosfat memberikan informasi adanya puncak pada bilangan gelombang 1537,27  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan gugus fungsi N-O, yakni merupakan titik ikatan silang antara atom nitrogen dari ion amonium pada kitosan dan atom oksigen dari ion tripolifosfat, serta puncak yang muncul pada bilangan gelombang 1153,43  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi P=O yang merupakan gugus fungsi pada ion tripolifosfat, ditambah lagi ada dua puncak yang muncul pada bilangan gelombang 1639,49  $\text{cm}^{-1}$  dan 2142,91  $\text{cm}^{-1}$

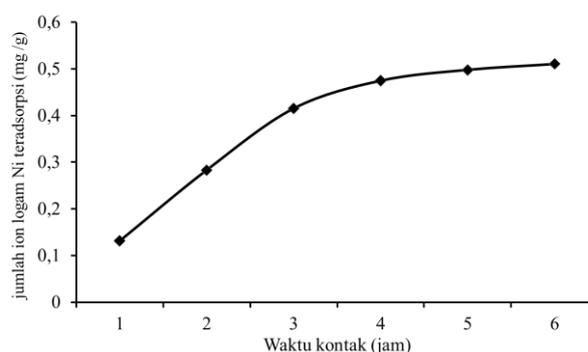
yang menunjukkan adanya ikatan pada tripolifosfat yaitu ikatan O=P-OH [9].

Berdasarkan munculnya puncak-puncak pada gugus spesifik fosfat tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa kitosan dan tripolifosfat telah berhasil terbentuk *crosslink*, karena adanya interaksi ionik antara gugus positif pada kitosan (-NH<sub>3</sub>) dengan gugus muatan negatif (H<sub>3</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub>)<sup>2-</sup> dari polianion tripolifosfat [9].

### Adsorpsi Ion Ni(II) oleh Kitosan-Tripolifosfat

#### Variasi waktu kontak

Penentuan waktu kontak optimum bertujuan untuk mengetahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan adsorben dalam menjerap ion logam Ni(II) secara optimum. Penelitian ini dilakukan dengan variasi waktu kontak 1-6 dan dilakukan pada pH 2.



Gambar 6. Grafik adsorpsi ion loga Ni(II) pada variasi waktu kontak

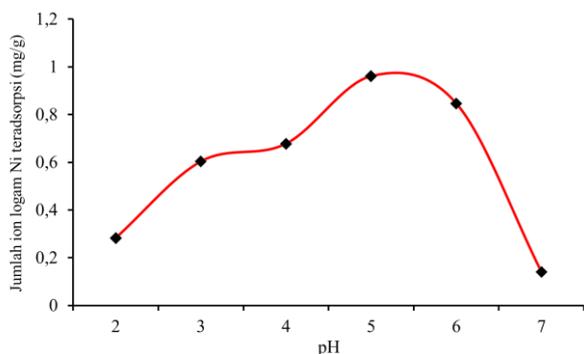
Gambar 6 menunjukkan bahwa ion logam Ni yang terus teradsorpsi meningkat dari waktu kontak 1-6 jam. Kenaikan adsorpsi ini terjadi karena masih adanya proses adsorpsi oleh adsorben kitosan-tripolifosfat. Semakin lama waktu kontak, kemampuan kitosan-tripolifosfat untuk mengikat Ni akan semakin besar. Hal ini dikarenakan adanya waktu kontak yang lama antara adsorben dengan adsorbat memungkinkan semakin banyak terbentuk ikatan antara partikel kitosan-tripolifosfat dengan logam Ni(II).

Dari grafik 6 dapat dilihat bahwa pada waktu kontak 1-4 jam, adsorpsi terus meningkat secara signifikan, tetapi pada waktu 4-6 jam kenaikan adsorpsi sudah tidak terlalu besar, seakan menandakan bahwa adsorpsi itu sudah dalam keadaan yang konstan. Berdasarkan grafik tersebut dimungkinkan bahwa pada waktu 5 jam, kondisi adsorpsi sudah mencapai kesetimbangan dan merupakan waktu kontak minimal dalam aplikasi adsorpsi terhadap ion logam Ni(II) oleh kitosan-tripolifosfat. Semakin lama waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat, maka semakin banyak molekul adsorbat yang teradsorpsi hingga mencapai kondisi maksimum adsorben [14].

#### Variasi pH

Proses adsorpsi ion logam sangat dipengaruhi oleh kondisi pH larutan. Pada penelitian ini, pengaruh pH pada adsorpsi ion logam Ni(II) dilakukan pada larutan Ni<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 ppm variasi pH 2-7 dengan waktu kontak 5 jam (waktu optimum).

Berdasarkan gambar 7, adsorpsi ion logam Ni(II) dalam larutan NiSO<sub>4</sub> dari pH 1-5 terus mengalami kenaikan adsorpsi, hal ini dikarenakan jumlah proton H<sup>+</sup> dalam larutan semakin menurun sehingga ion logam Ni akan semakin banyak terikat pada adsorben kitosan-tripolifosfat. Kapasitas adsorpsi terbesar juga ditunjukkan ketika kondisi larutan berada pada pH larutan 5. Setelah pH larutan lebih dari 5 sampai 7, maka terjadi penurunan adsorpsi.



Gambar 7. Grafik adsorpsi ion logam Ni(II) pada variasi pH

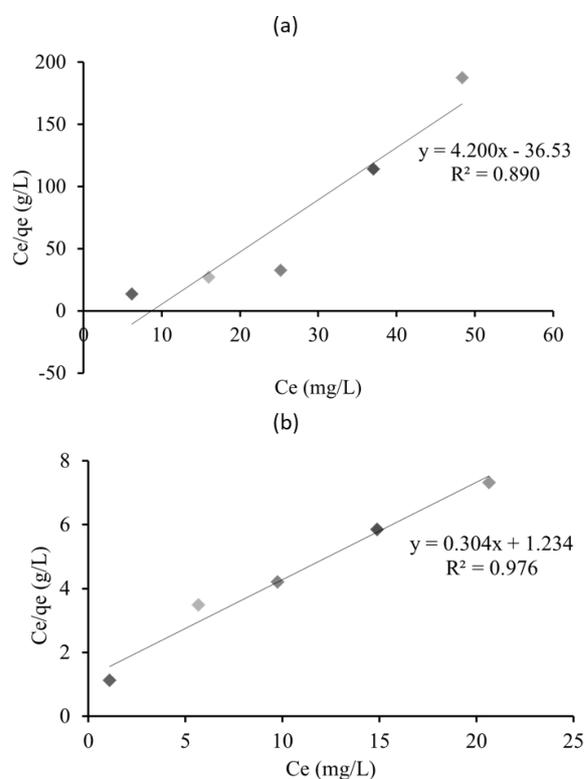
Perlakuan dengan variasi pH pada penelitian ini menimbulkan dua fenomena yang berbeda. Ketika pH asam, maka akan banyak terdapat proton H<sup>+</sup> yang dapat terikat pada gugus aktif (-NH<sub>2</sub>) dari kitosan dan gugus aktif hidroksil dari tripolifosfat, sehingga akan terjadi kompetisi antara ion logam Ni(II) dengan ion hidrogen untuk menempati sisi aktif gugus amina dan hidroksil. Proton H<sup>+</sup> merupakan asam lewis yang bersifat lebih keras daripada Ni<sup>2+</sup>, sehingga dengan adanya proton H<sup>+</sup> ini akan memperkecil peluang dari ion logam Ni untuk dapat terikat ke adsorben yang mengakibatkan efisiensi penghilangan ion logam Ni(II) menurun. Disisi lain, dengan bertambahnya pH maka jumlah ion OH<sup>-</sup> akan meningkat sehingga interaksi antara ion logam Ni(II) dengan OH<sup>-</sup> semakin kuat. Adanya interaksi inilah yang nantinya pada pH basa/mendekati basa akan menyebabkan hasil kali kelatutan ion Ni<sup>2+</sup> dan OH<sup>-</sup> dapat melampaui harga *K<sub>sp</sub>* Ni(OH)<sub>2</sub> yaitu 5,48x10<sup>-16</sup> sehingga berakibat turunya jumlah ion logam Ni yang terikat pada kitosan-tripolifosfat.

Hasil dari variasi pH pada adsorpsi ion logam Ni didapatkan kondisi optimum pada pH 5, karena pada keadaan ini dimungkinkan jumlah proton H<sup>+</sup> dan ion OH<sup>-</sup> dalam larutan tidak terlalu banyak dan relatif seimbang sehingga gugus aktif kitosan akan lebih optimum berikatan dengan ion logam Ni(II).

**Penentuan Kapasitas Adsorpsi Maksimum Kitosan-Tripolifosfat dengan Variasi konsentrasi Ion logam Ni(II)**

Tujuan dari variasi konsentrasi ion logam Ni adalah menunjukkan nilai kapasitas adsorpsi ion logam Ni oleh kitosan-tripolifosfat. Namun, di sisi lain juga ingin membandingkan kapasitas adsorpsi ion logam Ni oleh kitosan re-deasetilasi. Pada variasi ini dilakukan pada kondisi pH dan waktu kontak optimum (kitosan-tripolifosfat) yaitu pada pH 5 dan waktu kontak 5 jam.

Hasil adsorpsi ion logam Ni mengalami peningkatan sebanding dengan penambahan konsentrasi awal larutan logam. Semakin besar konsentrasi larutan logam maka kemampuan adsorpsi kitosan-tripolifosfat semakin meningkat, sampai semua situs aktif adsorben jenuh oleh adsorbat. Hasil ini justru berbeda dengan kemampuan adsorpsi kitosan re-deasetilasi dalam menyerap logam. Pada saat konsentrasi larutan sebesar 10-30 ppm, maka kemampuan adsorpsinya terus meningkat, tetapi pada saat konsentrasi 40-50 ppm seolah-olah tidak terjadi adsorpsi karena daya serapnya terlalu kecil. Hal ini memungkinkan bahwa kitosan re-deasetilasi tidak mampu mengadsorpsi konsentrasi larutan logam yang terlalu tinggi. Kemudian dengan menginterpretasikannya terhadap grafik isoterm langmuir, diperoleh persamaan garis seperti pada gambar dibawah ini yang dapat menunjukkan nilai kapasitas adsorpsi.



Gambar 8. Grafik Isoterm Langmuir hasil adsorpsi oleh (a) kitosan re-deasetilasi dan (b) kitosan-tripolifosfat

Grafik isoterm langmuir, menunjukkan persamaan garis yang dapat digunakan untuk menghitung kapasitas adsorpsi maksimum ion logam Ni(II) pada adsorben kitosan. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum ion logam Ni(II) pada kitosan re-deasetilasi dan kitosan-tripolifosfat masing-masing ialah sebesar 0.24 mg/g, dan 3.28 mg/g (perhitungan terlampir).

Berdasarkan nilai kapasitas adsorpsi maksimum ion lgam Ni(II), diketahui bahwa kitosan-tripolifosfat memiliki kapasitas adsorpsi lebih besar dibanding kitosan re-deasetilasi, hal ini disebabkan adanya ion tripolifosfat yang terikat pada kitosan-tripolifosfat. Ion tripolifosfat tersebut akan menyumbangkan gugus aktif hidroksil sebagai donor elektron sehingga dapat meningkatkan jumlah ion logam Ni yang terikat pada

situs aktif tersebut. Selain itu, adanya ikat silang antara muatan positif dari kitosan dengan muatan negatif dari tripolifosfat, sehingga semakin banyak terbentuknya situs aktif dalam kitosan-tripolifosfat maka akan semakin berpotensi dalam menyerap ion logam.

#### 4. Kesimpulan

Telah dihasilkan kitosan termodifikasi tripolifosfat dari kitosan hasil re-deasetilasi dengan DD = 72.25%. pH 5 dan waktu kontak 5 jam merupakan kondisi optimum adsorpsi kitosan-tripolifosfat terhadap ion logam Ni. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum ion logam Ni pada kitosan re-deasetilasi dan kitosan-tripolifosfat masing-masing sebesar 0.24 mg/g dan 3,3 mg/g.

#### 5. Daftar Pustaka

- undang serta aplikasinya dalam mereduksi kolesterol lemak kambing, *Reaktor*, 12, 1, (2008) 53-57
- [11] Vanessa Rachmani Tantowidjojo, Anna Roosdiana, Sasangka Prasetyawan, Optimasi Amobilisasi Pektinase Dari *Bacillus Subtilis* Menggunakan Kitosan-Natrium Tripolifosfat, *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*, 1, 1, (2013) pp. 91-97
- [12] Tan Tianwei, He Xiaojing, Du Weixia, Adsorption behaviour of metal ions on imprinted chitosan resin, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 76, 2, (2001) 191-195 <http://dx.doi.org/10.1002/jctb.358>
- [13] W. S. Wan Ngah, S. Fatinathan, Adsorption characterization of Pb(II) and Cu(II) ions onto chitosan-tripolyphosphate beads: Kinetic, equilibrium and thermodynamic studies, *Journal of Environmental Management*, 91, 4, (2010) 958-969 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.12.003>
- [14] M Sepehran, B Nasernejad, M Edrissi, Selective removal of copper (II) and nickel (II) from aqueous solution using the chemically treated chitosan: Factorial design evaluation, *Metallurgical and Materials Transactions B*, 39, 6, (2008) 905-910 <http://dx.doi.org/10.1007/s11663-008-9182-2>
- [1] Sari Edi Cahyaningrum, N Narsito, Sri Juari Santoso, Rudiana Agustini, Adsorption of Mg (II) ion from aqueous solution on chitosan beads and chitosan powder, *Journal of Coastal Development*, 13, 3, (2011) 179-184
- [2] WL Laksono, AK Projosantoso, Jaslin Ikhsan, Adsorpsi Kitosan Terhadap Ion Ni (II) dan Mn (II) Pada Berbagai pH, *Penelitian Saintek*, 13, 1, (2008) 95-109
- [3] Chen Yuwei, Wang Jianlong, Preparation and characterization of magnetic chitosan nanoparticles and its application for Cu(II) removal, *Chemical Engineering Journal*, 168, 1, (2011) 286-292 <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2011.01.006>
- [4] Juwita Kesumaningrum, Nor Basid Adiwibawa Prasetya, Ahmad Suseno, Adsorpsi Fenol dengan TiO<sub>2</sub>/zeolit artificial Berbahan Dasar Sekam Padi dan Limbah Kertas, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 14, 1, (2011) 26-31
- [5] R Schmuhl, HM Krieg, Klaas Keizer, Adsorption of Cu (II) and Cr (VI) ions by chitosan: Kinetics and equilibrium studies, *Water Sa*, 27, 1, (2001) 1-8 <http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v27i1.5002>
- [6] Westriani Prambaningrum, Khabibi Khabibi, Muhammad Cholid Djunaidi, Adsorpsi Ion Besi (III) dan Kadmium (II) Menggunakan Gel Kitosan, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 12, 2, (2009) 47-51
- [7] M. S. Sivakami, Thandapani Gomathi, Jayachandran Venkatesan, Hee-Seok Jeong, Se-Kwon Kim, P. N. Sudha, Preparation and characterization of nano chitosan for treatment wastewaters, *International Journal of Biological Macromolecules*, 57, (2013) 204-212 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.03.005>
- [8] Magdalena Gierszewska-Druyska, Jadwiga Ostrowska-Czubenko, Sorption of heavy metal ions by polyelectrolyte complex hydrogel membranes, *ARS Separatoria*, XIII, (2008) 127-130
- [9] Devika R. Bhumkar, Varsha B. Pokharkar, Studies on effect of pH on cross-linking of chitosan with sodium tripolyphosphate: A technical note, *AAPS PharmSciTech*, 7, 2, (2006) E138-E143 <http://dx.doi.org/10.1208/pt070250>
- [10] Hargono Hargono, Abdullah Abdullah, Indro Sumantri, Pembuatan kitosan dari limbah cangkang