

APLIKASI MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER (MIP) BERBASIS 2-VINYLPYRIDINE SEBAGAI ADSORBEN SELEKTIF ION LOGAM TEMBAGA (II)

APPLICATION OF MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER (MIP) BASED ON 2-VINYLPYRIDINE AS A SELECTIVE ADSORBEN OF COPPER (II) METAL ION

Oleh: Arum Wiranti, Siti Marwati, Regina Tutik Padmaningrum, Annisa Fillaeli, & Isana SYL.
Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta
arumwiranti96@gmail.com ; siti_marwati@uny.ac.id , regina_tutik@uny.ac.id, fillaelly@yahoo.com,
isanasy12000@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis Cu-MIP, mengetahui karakteristik Cu-MIP, kondisi optimum adsorpsi Cu-MIP, dan selektivitas adsorpsi Cu-MIP dalam sampel. Cu-MIP disintesis menggunakan 2-vinylpyridine sebagai monomer fungsional, etilen glikol dimetakrilat sebagai *crosslinker*, ion Cu^{2+} sebagai *template*, dan benzoil peroksida sebagai inisiator. NIP digunakan sebagai pembanding yang disintesis dengan cara yang sama tetapi tidak menggunakan ion Cu^{2+} sebagai *template*. Karakterisasi Cu-MIP menggunakan FTIR. Variasi waktu adsorpsi Cu-MIP 2; 3; 4; dan 5 jam dan variasi pH inisial 1; 2; 3; dan 4. Cu-MIP selektif apabila memberikan nilai kapasitas adsorpsi tertinggi untuk ion Cu^{2+} dibandingkan kapasitas adsorpsi ion kompetitornya (Cd^{2+}). Berdasarkan spektrum FTIR menunjukkan gugus fungsi yang terdapat pada Cu-MIP setelah *template* dilepas hampir sama dengan NIP. Waktu adsorpsi optimum adalah 5 jam, pH optimum adalah pH 4. Kapasitas adsorpsi Cu-MIP sebesar 10,4351 mg/g dan Cu-MIP lebih selektif daripada NIP.

Kata kunci: Cu-MIP, ion Cu^{2+} , waktu adsorpsi, pH, selektivitas

Abstract

This study aims to synthesize Cu-MIP, to understanding the characteristics of Cu-MIP, optimum condition of Cu-MIP adsorption, and selectivity of Cu-MIP adsorption. Cu-MIP was synthesized using 2-vinylpyridine as functional monomer, ethylene glycol dimethacrylate as crosslinker, Cu^{2+} ions as template, and benzoyl peroxide as initiator. NIPs are used as comparators that are synthesized in the same way but did not use Cu^{2+} ions as templates. Cu-MIP was characterized by FTIR. Variation of Cu-MIP's adsorption time 2; 3; 4; and 5 hours and variation of initial pH 1; 2; 3; and 4. Based on the FTIR spectrum shows the functional groups present in Cu-MIP after the template is released almost the same as the NIP. The optimum adsorption time is 5 hours, the optimum pH is 4. The adsorption capacity of Cu-MIP is 10.4351 mg/g and Cu-MIP more selective than NIP.

Keywords: Cu-MIP, Cu^{2+} ion, adsorption time, pH, selectivity

PENDAHULUAN

Ion Cu^{2+} merupakan salah satu nutrisi penting yang dibutuhkan oleh makhluk hidup. Ion Cu^{2+} berperan dalam pembentukan hemoglobin, metabolisme obat/ xenobiotik, metabolisme karbohidrat, biosintesis ketekolamin, ikatan silang kolagen, elastin, dan keratin rambut serta mekanisme pertahanan antioksidan (ATSDR, 2004:12). Meskipun ion Cu^{2+} bersifat esensial

bagi makhluk hidup, namun dapat menjadi racun jika terakumulasi dalam jumlah besar.

Jika mengkonsumsi air yang mengandung kadar ion Cu^{2+} lebih tinggi dari kadar normalnya dapat menyebabkan muntah, diare, kram perut, dan mual. Efek kronis dari mengkonsumsi ion Cu^{2+} yang tinggi adalah dapat menyebabkan kerusakan hati dan ginjal (Tumin et al., 2008:181) bahkan kematian (ATSDR, 2004:7). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia,

(2016) kadar tembaga maksimum yang diperbolehkan dalam air minum adalah 2 mg/L. Oleh karena itu, penghilangan ion Cu^{2+} dari air dan air limbah sangatlah penting.

Metode pengolahan limbah yang mengandung logam berat telah banyak dilakukan seperti metode presipitasi (Handoko et al., 2013), koagulasi (Nasution, Aritonang, & Harahap, 2015), dan metode adsorpsi (Priadi et al., 2014) namun metode tersebut belum memberikan hasil yang maksimal. Maka dari itu, untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat memanfaatkan *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) untuk membuat adsorben Cu-MIP yang selektif untuk ion Cu^{2+} . Cu-MIP dibuat dengan *2-vinylpyridine* sebagai monomer fungsional, ion Cu^{2+} sebagai *template*, etilen glikol dimetakrilat sebagai *crosslinker*, dan benzoil peroksida sebagai inisiator.

NIP (*Non Imprinted Polymer*) sebagai kontrol dibuat dengan prosedur yang sama tanpa menggunakan ion logam. Karakterisasi Cu-MIP dan NIP hasil sintesis menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsinya. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan karakteristik Cu-MIP dan NIP hasil sintesis, kapasitas adsorpsi Cu-MIP pada pH dan waktu adsorpsi optimum, serta selektivitas adsorpsi Cu-MIP terhadap ion kompetitornya (Cd^{2+}).

METODE PENELITIAN

Sintesis NIP (Yusof, Beyan, & Haron, 2010)

Mengambil *2-vinylpyridine* 4 mmol, etilen glikol dimetakrilat 20 mmol, dan benzoil peroksida 50 mg yang dilarutkan dalam kloroform dahulu. Kemudian bahan tersebut

dimasukkan ke dalam botol flakon. Selanjutnya divortex selama 6 menit dan dialiri gas nitrogen selama 10 menit untuk menghilangkan oksigen. Polimerisasi dilakukan pada *waterbath* selama 24 jam pada suhu 70°C dengan kecepatan pengadukan 90 rpm. Polimer yang terbentuk lalu dicuci dengan campuran etanol akuades 1:10 sebanyak 25 mL. Polimer dikeringkan dan digerus.

Sintesis dan Karakterisasi Cu-MIP berbasis *2Vinylpyridine* (Rafique et al., 1996)

2,5 g polimer kering dilarutkan dalam 50 mL THF. Larutan 5% $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dalam pelarut metanol akuades 3:1 disiapkan. Kemudian larutan ini ditambahkan tetes demi tetes dalam larutan polimer sambil diaduk. Endapan yang terbentuk didiamkan selama 1,5 jam dan disaring. Polimer yang terbentuk lalu dicuci dengan campuran etanol akuades 1:10 sebanyak 25 mL. Polimer dikeringkan dan digerus. *Template* ion Cu^{2+} dilepas dengan merendam polimer dalam HNO_3 0,2 M 20 mL selama 48 jam dan dicuci dengan metanol sebanyak 20 mL. Filtrat HNO_3 diukur dengan AAS untuk mengetahui konsentrasi ion Cu^{2+} yang terlepas.

Cu-MIP dan NIP dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada adsorben tersebut.

Optimasi Waktu Pengadukan

Dilakukan secara triplo. Memasukkan larutan simulasi ion Cu^{2+} 50 ppm 20 mL dalam botol. Menambahkan 50 mg Cu-MIP. Melakukan pengadukan menggunakan *shaker* selama 2, 3, 4, dan 5 jam dengan kecepatan 130 rpm. Kemudian menyaring filtrat adsorpsi. Filtrat dianalisis dengan AAS untuk mengetahui konsentrasinya.

Prosedur diulangi dengan perlakuan sama dengan mengganti Cu-MIP dengan NIP. Waktu adsorpsi optimum diperoleh dari kapasitas adsorpsi yang paling besar.

Optimasi pH Sampel

Dilakukan secara triplo. Larutan simulasi ion Cu^{2+} 50 ppm disiapkan pada pH 1, 2, 3, dan 4 dengan menambahkan HNO_3 0,1 M. Khusus untuk pH 1 dengan menambahkan HNO_3 6 M. Memasukkan larutan simulasi ion Cu^{2+} 50 ppm 20 mL dalam botol. Menambahkan 50 mg Cu-MIP. Melakukan pengadukan menggunakan *shaker* selama waktu optimum (5 jam) dengan kecepatan 130 rpm. Kemudian menyaring filtrat adsorpsi. Filtrat dianalisis dengan AAS untuk mengetahui konsentrasinya. Prosedur diulangi dengan perlakuan sama dengan mengganti Cu-MIP dengan NIP. pH optimum diperoleh dari kapasitas adsorpsi yang paling besar.

Uji Selektivitas

Dilakukan secara triplo. Larutan simulasi berisi ion Cu^{2+} dan ion Cd^{2+} 50 ppm dibuat. pH larutan diatur menjadi pH optimum (pH 4). Memasukkan larutan simulasi 20 mL dalam botol. Menambahkan 50 mg Cu-MIP. Melakukan pengadukan menggunakan *shaker* selama waktu optimum (5 jam) dengan kecepatan 130 rpm. Kemudian menyaring filtrat adsorpsi. Filtrat dianalisis dengan AAS untuk mengetahui konsentrasinya. Prosedur diulangi dengan perlakuan sama dengan mengganti Cu-MIP dengan NIP. Kapasitas adsorpsi masing-masing ion logam ditentukan. Cu-MIP selektif apabila memiliki kapasitas adsorpsi tertinggi untuk ion Cu^{2+} dibandingkan ion kompetitornya (Cd^{2+}).

Teknik Analisis Data

Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi ditentukan dari penggunaan variasi waktu adsorpsi dan pH. Persamaan yang digunakan sebagai berikut (Zhou et al., 2016) :

$$q = \frac{V(C_0 - C_e)}{m} \dots\dots\dots (1)$$

dimana q adalah kapasitas adsorpsi (mg/g). V adalah volume larutan (L), C_0 adalah konsentrasi awal larutan (mg/L), C_e adalah konsentrasi larutan setelah proses adsorpsi (mg/L), dan m adalah massa MIP yang digunakan (g).

Penentuan Selektivitas Adsorpsi

Selektivitas adsorpsi ditentukan dengan membandingkan kapasitas adsorpsi dari ion Cu^{2+} terhadap ion logam kompetitor (Cd^{2+}) yang terkandung dalam larutan simulasi pada kondisi waktu adsorpsi optimum dan pH optimum. Selektivitas dapat dilihat dari besarnya koefisien selektivitas (K_d) dan koefisien selektivitas relatif (k) yang dapat ditentukan menggunakan persamaan (Surikumaran et al., 2014) :

$$K_d = \frac{C_i - C_f}{C_f} \times \frac{V}{m} \dots\dots\dots (2)$$

dimana K_d adalah koefisien selektivitas, C_i adalah konsentrasi awal ion larutan (mg/L), C_f adalah konsentrasi akhir ion larutan setelah proses adsorpsi (mg/L), V adalah volume larutan (L), dan m adalah massa MIP yang digunakan (g).

$$k_{\text{Cu-MIP}} = \frac{K_d \text{ analit}}{K_d \text{ kompetitor}} \dots\dots\dots (3)$$

$$k_{\text{NIP}} = \frac{K_d \text{ analit}}{K_d \text{ kompetitor}} \dots\dots\dots (4)$$

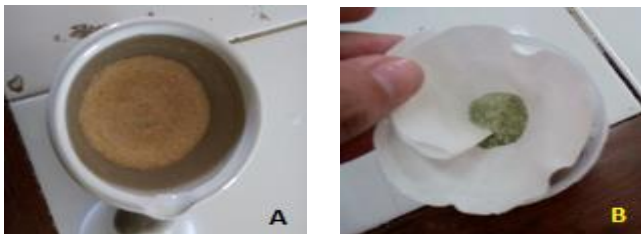
dimana k adalah koefisien selektif relatif, K_d analit adalah koefisien distribusi analit, dan K_d kompetitor adalah koefisien distribusi kompetitor.

Cu-MIP dikatakan selektif jika memiliki kapasitas adsorpsi tertinggi untuk ion Cu^{2+} dibandingkan ion kompetitornya (Cd^{2+})

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Sintesis NIP dan Cu-MIP

NIP hasil sintesis berbentuk padatan polimer berwarna coklat dan memiliki tekstur yang keras sehingga perlu dihaluskan untuk mengecilkan dan menghomogenkan ukuran partikelnya. NIP memiliki bau yang cukup menyengat dan beratnya 13,0256 g karena ketika sintesis menggunakan 3 kali resep.



Gambar 1. NIP (A) Cu-MIP (B) hasil Sintesis

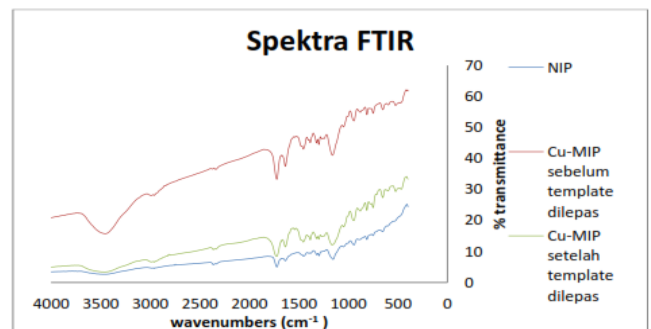
Cu-MIP hasil sintesis berbentuk padatan serbuk polimer yang berwarna hijau karena adanya ion Cu^{2+} di dalamnya. Adsorben Cu-MIP hasil sintesis diperoleh sebesar 1,4945 g. Ion Cu^{2+} yang terlepas dari Cu-MIP ketika proses perendaman dengan HNO_3 sebanyak 25,67%

Karakterisasi Cu-MIP dan NIP

Sampel yang dianalisis adalah Cu-MIP sebelum *template* dilepas, Cu-MIP setelah *template* dilepas, dan NIP. Spektrum inframerah pada Cu-MIP sebelum *template* dilepas dan setelah *template* dilepas serta pada NIP dengan serapan puncak yang melebar pada bilangan gelombang berturut-turut 3452,04; 3461,40; dan 3447,43 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi

O-H dari ikatan hidrogen yang terjadi antar rantai polimer.

Gugus fungsi lain yang diperoleh yaitu C=O ester, yang diduga berasal dari ikatan C=O dalam senyawa etilen glikol dimetakrilat. Pada Cu-MIP sebelum *template* dilepas muncul pada daerah serapan dengan bilangan gelombang 1722,82 cm^{-1} dan pada Cu-MIP setelah *template* dilepas muncul pada daerah serapan dengan bilangan gelombang 1723,74 cm^{-1} . Pada NIP juga muncul daerah serapan dengan bilangan gelombang 1722,19 cm^{-1} .



Gambar 2. Spektra Inframerah NIP dan Cu-MIP sebelum dan setelah *Template* dilepas

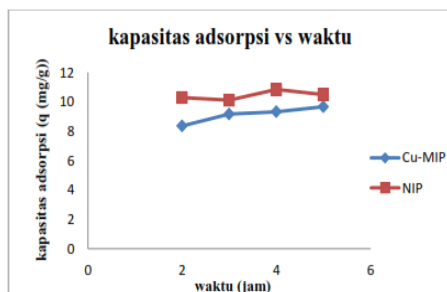
Gugus fungsi C=C yang menunjukkan adanya ikatan rangkap C=C alkena pada senyawa 2-vinylpyridine dan etilen glikol dimetakrilat yang muncul dengan bilangan gelombang pada Cu-MIP sebelum *template* dilepas sebesar 1636,66 dan Cu-MIP setelah *template* dilepas sebesar 1636,67 cm^{-1} , kedua serapan tersebut memberikan daerah serapan yang hampir sama. Sedangkan pada NIP muncul serapan pada daerah bilangan gelombang 1636,46 cm^{-1} . Gugus fungsi lain yang diperoleh adalah metilen (CH_2). Pada Cu-MIP sebelum *template* dilepas muncul dengan bilangan gelombang 1454,65 dan Cu-MIP setelah *template* dilepas sebesar 1455,43 cm^{-1} . Pada NIP muncul serapan pada daerah bilangan gelombang 1452,73 cm^{-1} . Gugus fungsi tersebut diduga

berasal dari gugus metilen pada etilen glikol dimetakrilat dan 2-vinylpyridine.

Gugus C-O ester diduga berasal dari etilen glikol dimetakrilat. Pada Cu-MIP sebelum *template* dilepas muncul dengan bilangan gelombang 1161,52 dan Cu-MIP setelah *template* dilepas sebesar 1163,03 cm^{-1} . Pada NIP muncul serapan pada daerah bilangan gelombang 1155,36 cm^{-1} . Gugus fungsi CH_3 yang diduga berasal dari etilen glikol dimetakrilat hanya ditemukan pada Cu-MIP setelah *template* dilepas yang muncul pada bilangan gelombang 2990,43 cm^{-1} , pada Cu-MIP sebelum *template* dilepas dan pada NIP tidak terbaca.

Optimasi Waktu Pengadukan

Proses adsorpsi dilakukan untuk mengetahui waktu pengadukan optimum, sehingga memberikan hasil kapasitas adsorpsi yang maksimal.



Gambar 3. Kurva Adsorpsi pada Variasi Waktu Adsorpsi

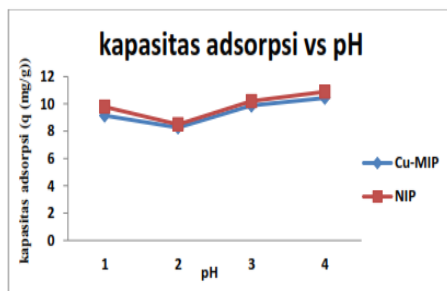
Kapasitas adsorpsi terbesar dari Cu-MIP pada waktu pengadukan selama 5 jam. Akan tetapi, penggunaan variasi waktu pengadukan tidak begitu mempengaruhi hasil dari kapasitas adsorpsi, karena pada variasi waktu pengadukan tersebut, diperoleh hasil kapasitas adsorpsi yang hampir sama. Banyaknya ion Cu^{2+} yang diadsorpsi oleh Cu-MIP meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pengadukan. Kapasitas adsorpsi meningkat dari awal proses

adsorpsi, dikarenakan masih banyaknya sisi aktif polimer yang tersedia untuk mengadsorpsi ion Cu^{2+} (Fu et al., 2014). Seiring bertambahnya waktu pengadukan, sisi aktif yang tersedia semakin berkurang sehingga kemampuan adsorpsi dari Cu-MIP hanya sedikit mengalami kenaikan.

Kapasitas adsorpsi terbesar untuk Cu-MIP adalah 9,6628 mg/g, sedangkan untuk NIP 10,8421 mg/g. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi NIP lebih besar dari Cu-MIP. Ketidakesesuaian hasil antara kapasitas adsorpsi Cu-MIP dengan NIP tersebut kemungkinan karena pada Cu-MIP memiliki kemampuan adsorpsi dan desorpsi sedangkan pada NIP hanya memiliki kemampuan adsorpsi. Meskipun pada NIP tidak terdapat rongga atau kaviti, kemampuan adsorpsi pada NIP disebabkan karena NIP memiliki pori yang dimungkinkan dapat mengadsorpsi ion Cu^{2+} . Pada Cu-MIP *template* yang terlepas hanya sebesar 25,67% ketika proses perendaman dengan asam nitrat. Hal ini menunjukkan pada Cu-MIP masih terdapat *template* ion Cu^{2+} sebesar 74,33%. Oleh karena itu dapat mengakibatkan proses desorpsi dari ion Cu^{2+} pada Cu-MIP sehingga dapat lepas ketika proses adsorpsi. Oleh karena itu konsentrasi larutan simulasi ion Cu^{2+} setelah adsorpsi pada Cu-MIP menjadi lebih besar daripada NIP.

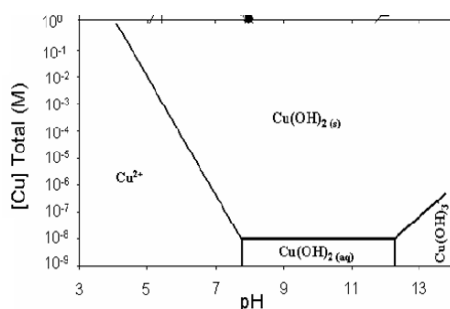
Optimasi pH Sampel

Proses adsorpsi dilakukan untuk mengetahui pH sampel optimum, sehingga dapat memberikan hasil kapasitas adsorpsi yang maksimal.



Gambar 4. Kurva Adsorpsi pada Variasi pH

Kapasitas adsorpsi terbesar dari Cu-MIP maupun dari NIP pada pH 4, sehingga pH sampel optimumnya adalah pada pH 4. pH larutan mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi, karena pH akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben (Riapanitra, Setyaningtyas, & Riyani, 2006). pH larutan juga mempengaruhi kelarutan ion logam dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi (Syauqiah, Amalia, & Kartini, 2011). Pada pH 1 kapasitas adsorpsi Cu-MIP dan NIP kecil, yaitu 9,1429 mg/g dan 9,7829 mg/g. Kemudian kapasitas adsorpsi mulai meningkat hingga pH 4, namun pada pH 2 kapasitas adsorpsi dari Cu-MIP maupun NIP memberikan hasil paling kecil.



Gambar 5. Spesiasi Tembaga pada pH dan Konsentrasi tertentu

Berdasarkan gambar 5, dapat diketahui bahwa pada konsentrasi tembaga rendah pada pH >7 (pH 7,5-12,3) akan terbentuk endapan $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Pada konsentrasi tembaga yang lebih tinggi, padatan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ terbentuk dan mengendap keluar dari larutan ketika konsentrasi tembaga di atas kelarutan tembaga hidroksida

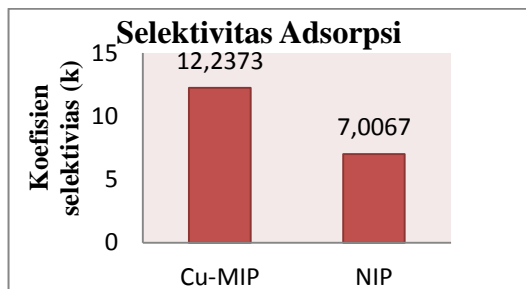
pada konsentrasi 1×10^{-8} M (Albrecht, Addai-Mensah, & Fornasiero, 2011).

Kapasitas adsorpsi oleh Cu-MIP maupun NIP bernilai kecil ketika pH semakin asam disebabkan karena protonasi yang berlebihan pada permukaan adsorben. Selain itu, pada pH asam ini, spesi ion Cu (II) yang terbentuk dalam larutan adalah Cu^{2+} , sehingga terjadi persaingan antara proton (H^+) dan muatan positif dari ion Cu^{2+} di permukaan adsorben yang mengakibatkan kecilnya adsorpsi ion Cu^{2+} yang terjadi (Wijaya & Ulfin, 2015).

Kapasitas adsorpsi terbesar untuk Cu-MIP adalah 10,4351 mg/g, sedangkan untuk NIP 10,888 mg/g. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi NIP lebih besar dari Cu-MIP. Ketidaksiharian hasil tersebut kemungkinan karena pada Cu-MIP memiliki kemampuan adsorpsi dan desorpsi sedangkan pada NIP hanya memiliki kemampuan adsorpsi. Meskipun pada NIP tidak terdapat rongga atau kaviti, kemampuan adsorpsi pada NIP ini karena pada NIP juga memiliki pori yang dimungkinkan dapat mengadsorpsi ion logam dari tembaga. Selain itu, pada Cu-MIP *template* yang terlepas hanya sebesar 25,67% ketika proses perendaman dengan asam nitrat. Hal ini menunjukkan pada Cu-MIP masih terdapat *template* ion Cu^{2+} sebesar 74,33%. Oleh karena itu dapat mengakibatkan proses desorpsi dari ion Cu^{2+} pada Cu-MIP sehingga dapat lepas ketika proses adsorpsi. Oleh karena itu konsentrasi larutan simulasi ion Cu^{2+} setelah adsorpsi pada Cu-MIP menjadi lebih besar daripada NIP.

Uji Selektivitas

Cu-MIP menunjukkan selektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan NIP. Yusof et al., (2010) menyatakan bahwa rongga yang dihasilkan pada Cu-MIP memiliki bentuk dan ukuran yang sama dengan molekul target sehingga Cu-MIP dapat mengenali dan mengikat secara selektif molekul target dibandingkan dengan NIP.



Gambar 6. Kurva Selektivitas Adsorpsi

Tabel 1. Selektivitas Adsorpsi

| No. | | Selektivitas adsorpsi | | |
|-----|--------|---------------------------|------------------|----------------------------|
| | | Koefisien Distribusi (Kd) | | Koefisien Selektivitas (k) |
| | | Cu ²⁺ | Cd ²⁺ | |
| 1 | Cu-MIP | 0,4589 | 0,0375 | 12,2373 |
| 2 | NIP | 0,5206 | 0,0743 | 7,0067 |

Berdasarkan perhitungan koefisien selektivitas (Kd), Cu-MIP menunjukkan selektivitas yang lebih tinggi terhadap ion Cu²⁺ daripada ion kompetitornya (Cd²⁺). Hal tersebut dikarenakan Cu-MIP memiliki kemampuan untuk mengenali ion Cu²⁺ yang disebabkan oleh rongga yang memiliki bentuk dan ukuran yang sama dengan ion Cu²⁺ yang menyediakan tempat pengikatan selektif untuk ion Cu²⁺. Cu-MIP yang tidak memiliki rongga dengan bentuk dan ukuran yang sama terhadap ion Cd²⁺ tetap dapat mengadsorpsi ion Cd²⁺ walaupun hanya sedikit. Oleh karena itu Cu-MIP mempunyai selektivitas yang lebih tinggi pada adsorpsi ion Cu²⁺ jika dibandingkan dengan adsorpsi ion Cd²⁺.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Karakteristik Cu-MIP dan NIP berdasarkan spektra inframerah menunjukkan bahwa terdapat gugus fungsi O-H dari ikatan hidrogen yang terjadi antar rantai polimer, C=O ester dari etilen glikol dimetakrilat, C=C alkena dari 2-vinylpyridine atau etilen glikol dimetakrilat, CH₂ dari etilen glikol dimetakrilat, dan C-O ester dari etilen glikol dimetakrilat pada Cu-MIP sebelum dan setelah *template* dilepas serta pada NIP. Gugus fungsi CH₃ hanya ditemukan pada Cu-MIP setelah *template* dilepas. Waktu pengadukan dan pH sampel optimum adsorpsi ion Cu²⁺ dengan adsorben Cu-MIP adalah 5 jam dan pada pH 4. Kapasitas adsorpsi Cu-MIP terhadap ion Cu²⁺ sebesar 10,4351 mg/g. Cu-MIP memberikan hasil yang selektif untuk mengadsorpsi ion Cu²⁺ dibandingkan dengan ion kompetitornya (Cd²⁺) dengan nilai Kd 0,4589 sedangkan Kd ion Cd²⁺ adalah 0,0375. Cu-MIP lebih selektif jika dibandingkan dengan NIP dengan nilai k_{Cu-MIP} 12,2373 sedangkan k_{NIP} 7,0067.

Saran

1. Perlu dilakukan optimasi pelepasan *template* pada Cu-MIP hasil sintesis agar *template* pada Cu-MIP dapat terlepas semua sehingga adsorben Cu-MIP memiliki kemampuan menyerap ion/ molekul target yang lebih baik dan memberikan hasil kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan NIP.
2. Ion kompetitor yang digunakan untuk menentukan selektivitas Cu-MIP hasil sintesis perlu ditambah jumlah atau jenisnya sehingga diharapkan dapat memberikan hasil bahwa Cu-MIP hanya selektif untuk ion Cu²⁺ saja.

DAFTAR PUSTAKA

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2004). Toxicological Profile for Copper, U.S. Department of Health and Human Services Public Health

Service. Atlanta.

- Albrecht, T. W. J., Addai-Mensah, J., & Fornasiero, D. (2011). Effect of pH, Concentration and Temperature on Copper and Zinc Hydroxide Formation/Precipitation in Solution, 1–10.
- Fu, J., Chen, Z., Wang, M., et al. (2014). Adsorption of Methylene Blue by a High-Efficiency Adsorbent (polydopamine microspheres): Kinetics, Isotherm, Thermodynamics and Mechanism analysis. *Chemical Engineering Journal*.
- Handoko, C. T., Yanti, T. B., Syadiyah, H., et al. (2013). Penggunaan Metode Presipitasi untuk Menurunkan Kadar Cu dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede. *Jurnal Penelitian Saintek*, 18(2), 51–58.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2016). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri.
- Nasution, A. C., Aritonang, S. P., & Harahap, M. R. (2015). Optimalisasi Metode Electroplating Koagulasi terhadap Penurunan Kadar Logam Zinkum (Zn) pada Air Buangan Limbah Industri Pengolahan Karet. *Jurnal Ilmiah Circuit*, 1(1), 74–84.
- Priadi, C. R., Anita, Sari, P. N., et al. (2014). Adsorpsi Logam Seng dan Timbal pada Limbah Cair Industri Keramik oleh Limbah Tanah Liat. *Reaktor*, 15(1), 10–19.
- Rafique, U., Mazhar, M., Ali, S., et al. (1996). Analytical and Electrical studies on Poly (2-Vinylpyridine) Complexes. *Synthetic Metals*, 78, 73–77.
- Riapanitra, A., Setyaningtyas, T., & Riyani, K. (2006). Penentuan Waktu Kontak dan pH Optimum Penyerapan Metilen Biru Menggunakan Abu Sekam Padi, 41–44.
- Surikumaran, H., Mohamad, S., & Sarih, N. M. (2014). Molecular Imprinted Polymer of Methacrylic Acid Functionalised β -Cyclodextrin for Selective Removal of 2,4-Dichlorophenol. *International Journal of Molecular Sciences*, (15), 6111–6136.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Tumin, N. D., Chuah, A. L., Zawani, Z., et al. (2008). Adsorption of Copper from Aqueous Solution by Elais Guineensis Kernel Activated Carbon. *Journal of Engineering Science and Technology*, 3(2), 180–189.
- Wijaya, C. V., & Ulfin, I. (2015). Pengaruh pH pada Adsorpsi Ion Cd^{2+} dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Trembesi (Samanea saman). *Sains Dan Seni ITS*, 4(2), 4–7.
- Yusof, N. A., Beyan, A., Haron, J. M., et al. (2010). Synthesis and Characterization of a Molecularly Imprinted Polymer for Pb^{2+} Uptake Using 2-vinylpyridine as the Complexing Monomer. *Sains Malaysiana*, 39(5), 829–835.
- Zhou, T., Tao, Y., Jin, H., et al. (2016). Fabrication of a Selective and Sensitive Sensor Based on Molecularly Imprinted Polymer / Acetylene Black for the Determination of Azithromycin in Pharmaceuticals and Biological Samples. *Plos One*, 1–15.

Artikel ini telah disetujui untuk diterbitkan oleh
Pembimbing pada tanggal

14 Mei 2018



Siti Marwati, M.Si.

NIP. 19770103 200604 2 001

Artikel ini telah diriview untuk diterbitkan oleh
Penguji Utama pada tanggal

11 Mei 2018



Made Sukarna, M.Si.

NIP. 19530901 1986011 001