

## ADSORPSI $\text{Cu}^{2+}$ MENGGUNAKAN NANOFIBER POLISULFON- $\text{FeOOH}$ YANG DISINTESIS DENGAN METODE ELEKTROSPINNING

### *Adsorption of $\text{Cu}^{2+}$ Using Polysulfon- $\text{FeOOH}$ Nanofiber Synthesized with Electrospinning Method*

Dini Hariyati Adam<sup>1</sup>, Hamzar Suyani<sup>1</sup>, Muhamad Nasir<sup>2</sup>, Safni<sup>1</sup>, Willy Cahya Nugraha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia FMIPA Pascasarjana, Universitas Andalas, Limau Manis-Padang 25163

<sup>2</sup> Lab. Nano Proses Dan Membran, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung 40135

\*Email: [mnasir71@yahoo.com](mailto:mnasir71@yahoo.com)

Diterima: 3 Juli 2013, Revisi akhir: 11 Oktober 2013 dan disetujui untuk diterbitkan: 17 Oktober 2013

#### ABSTRAK

Penelitian mengenai pemisahan ion  $\text{Cu}^{2+}$  menggunakan *nanofiber* polisulfon- $\text{FeOOH}$  yang disintesis dengan metode *elektrospinning* telah dilakukan. *Nanofiber* polisulfon P-3500 disintesis dengan cara melarutkan pelet polisulfon ke dalam 30 mL dimethylacetamide (DMAc). Pengaruh kondisi seperti konsentrasi, jarak *nozzle* dengan kolektor, tegangan dan laju alir terhadap morfologi dan diameter serat dipelajari. Kondisi optimum pembuatan *nanofiber* polisulfon diperoleh dengan konsentrasi 23 %, jarak 12 cm, tegangan 25 kV, dan laju alir 0,05 mL/min dengan ukuran diameter serat rata-rata 762,927 nm. *Nanofiber* yang terbentuk dilapisi dengan  $\text{FeOOH}$  untuk meningkatkan kapasitas penyerapannya terhadap ion  $\text{Cu}^{2+}$ . Dari hasil penelitian didapatkan kondisi optimum untuk pemisahan ion  $\text{Cu}^{2+}$  menggunakan *nanofiber* polisulfon- $\text{FeOOH}$  yaitu waktu kontak 2 jam, pH 6, bobot adsorben 25 mg, dan konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  10 mg/L dengan kapasitas penyerapan 9,79 mg/g, sedangkan untuk *nanofiber* polisulfon kapasitas penyerapan 8,34 mg/g. Pola penyerapan  $\text{Cu}^{2+}$  untuk kedua jenis adsorben lebih sesuai dengan pola isoterm Freundlich.

**Kata Kunci :** Adsorpsi, *elektrospinning*,  $\text{FeOOH}$ , *nanofiber*

#### ABSTRACT

*It had been done a research about adsorption of  $\text{Cu}^{2+}$  using polysulfone- $\text{FeOOH}$  nanofiber prepared by elektrospinning method. Polysulfone- $\text{FeOOH}$  nanofiber was synthesized by dissolving polysulfone pellets in 30 mL dimethylacetamide (DMAc). The effects of process conditions such as concentration, distance between the nozzle and collector, voltage and flow rate on the morphology and diameter of nanofibers were investigated. The optimum conditions of polysulfone nanofiber synthesizing was obtained with concentration 25%, distance 12 cm, voltage 25 kV, and flow rate 0.05 mL/min with average diameters of fibers was 762.927 nm. Polysulfone nanofiber was coated with  $\text{FeOOH}$  to increase the adsorbtion capacity of  $\text{Cu}^{2+}$ . The results showed that optimum condition for removal of  $\text{Cu}^{2+}$  used polysulfone- $\text{FeOOH}$  nanofiber was obtained in 2 hours contact time, pH 6, adsorbent dosage 25 mg, and concentration of  $\text{Cu}^{2+}$  10 mg/L with adsorbstion capacity was 9.79 mg/g, while for polysulfone nanofiber the adsorption capacity was 8.34 mg/g. The adsorbtion pattern of  $\text{Cu}^{2+}$  by the both of adsorbent followed the Freundlich isotherm pattern.*

**Keywords:** Adsorption, *elektrospinning*,  $\text{FeOOH}$ , *nanofiber*.

#### PENDAHULUAN

Keberadaan logam berat dianggap sebagai polutan akibat hasil dari proses modernisasi manusia itu sendiri karena semakin berkembangnya industri di Indonesia salah satunya industri

elektroplating. Beberapa limbah cair industri mengandung logam berat seperti Cu yang terbawa karena proses produksi (Vitasari *et al*, 2009). Banyak metoda yang telah digunakan untuk menghilangkan atau memisahkan kandungan logam berat dari limbah cair diantaranya menggunakan

metoda presipitasi (Navarro *et al.*, 2005), *reverse osmosis* (Gong *et al.*, 2012), elektrokimia (Jung, 2008), elektrokoagulasi (Dermentzis *et al.*, 2012), filtrasi (Bessbousse *et al.*, 2008), membran (Moslehi *et al.*, 2008), elektrodialisis (Keshtkar *et al.*, 2013). Dimana masing-masing metoda tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan (Herwanto & Santoso 2006).

Namun beberapa dekade terakhir perkembangan nanoteknologi telah banyak menarik perhatian tidak hanya para ilmuwan dan para peneliti, melainkan juga para pengusaha karena diyakini bahwa aplikasi nanoteknologi di berbagai bidang merupakan era revolusi industri baru di abad 21 dan memiliki prospek ekonomi yang sangat besar. Salah satu material yang dihasilkan dengan menggunakan prinsip nanoteknologi adalah serat nano (*nanofiber*).

Dengan keunggulan sifat-sifat yang dimiliki *nanofiber* seperti luas permukaan yang tinggi, kuat mekanik tinggi, ukuran pori yang relatif kecil, struktur berpori dan tingkat modulus elastisitas tinggi sehingga nanofiber dapat diaplikasikan secara efektif dalam lingkungan (Mazoochi *et al.*, 2012), sebagai adsorben dan membran filtrasi. *Nanofiber* dapat dibuat dengan banyak metode salah satunya metode *elektrospinning*. *Metoda elektrospinning* merupakan proses yang dapat menghasilkan serat polimer secara terus-menerus dengan cara mendorong larutan polimer yang diberi tegangan listrik tinggi (Tan *et al.*, 2007).

Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorpsi dianggap sebagai metode yang ekonomis dan efektif untuk menghilangkan kandungan logam karena biaya yang relatif murah, dapat diregenerasi (Pehlivan *et al.*, 2013), dan relatif sederhana (Al-ayubi *et al.*, 2010).

Penelitian ini bertujuan mendapatkan adsorben untuk memisahkan Cu<sup>2+</sup> menggunakan *nanofiber* polisulfon-FeOOH dan dibandingkan dengan penggunaan *nanofiber* polisulfon. Selain itu adsorben *nanofiber* polisulfon yang dilapisi dengan FeOOH perlu dikaji terhadap pengaruh

waktu kontak, pH, bobot adsorben dan konsentrasi terhadap adsorpsi Cu<sup>2+</sup> serta serta mempelajari pola isoterm adsorpsinya.

Pemilihan polisulfon sebagai bahan pembuatan *nanofiber* dan adsorben karena bersifat listrik, tahan terhadap perubahan pH, oksidasi, dan temperatur. Menurut Dzombak *et al.*, (1985) FeOOH yang dihasilkan dengan metode presipitasi memiliki luas permukaan spesifik 600 m<sup>2</sup>/g, ukuran partikel 3,8 nm yang dapat digunakan sebagai adsorben dalam pemisahan logam berat karena memiliki luas permukaan spesifik yang besar.

## METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pelet Polisulfon 3500 NT 11 (Udel), Dimetil Asetamida (DMAc), akuades, FeCl<sub>3</sub>, HNO<sub>3</sub> 65 %, NaOH, larutan Cu 1000 mg/L p.a, CuSO<sub>4</sub>.

Pelet polisulfon 3500 dibuat dengan konsentrasi 15, 18, 20, 21 dan 23 % (b/v). Kemudian dilarutkan dengan Dimetil Asetamida (DMAc). Larutan distirrer selama 15 jam pada suhu ruang.

Pembuatan *Nanofiber* dengan Alat *Elektrospinning* menggunakan larutan polimer polisulfon 3500 yang homogen dengan konsentrasi 15, 18, 20, 21 dan 23 % (b/v) masing-masingnya dimasukkan ke dalam syringe 5 mL. Alat *elektrospinning* dijalankan dengan mengatur jarak *nozzle* dengan kolektor 12 cm, tegangan 25 kV dan laju alir di variasikan 0,01 ; 0,03 ; 0,05 dan 0,1 mL/min.

Pelapisan *Nanofiber* dengan FeOOH dilakukan dengan memasukkan *Nanofiber* yang terbentuk ke dalam gelas piala yang berisi larutan FeCl<sub>3</sub>. NaOH ditambahkan secara perlahan ke dalam larutan FeCl<sub>3</sub> dengan pengadukan secara konstan hingga didapatkan larutan pH ± 7-7,5. *Nanofiber* diangkat dari gelas piala, kemudian dicuci dengan akuades dan dikeringkan pada suhu 60°C.

### Optimasi Adsorpsi Cu<sup>2+</sup> Pengaruh Waktu

Sebanyak 25 mL larutan Cu 10 mg/L pH 6 dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Kemudian ditambahkan 25 mg adsorben *nanofiber* polisulfon-FeOOH. Campuran

diaduk selama 0,5 ; 1; 1,5; 2 ; 2,5 ; dan 3 jam menggunakan shaker dengan kecepatan konstan 150 rpm. Sampel disaring menggunakan kertas saring kemudian filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA). Hal yang sama dilakukan untuk *nanofiber* polisulfon.

**Pengaruh pH**

25 mL larutan Cu 10 mg/L dengan variasi pH 3, 4, 5 dan 6 masing-masing dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Kemudian ditambahkan 25 mg adsorben *nanofiber* polisulfon-FeOOH. Selanjutnya campuran diaduk dengan waktu optimum menggunakan. Sampel disaring menggunakan kertas saring dan filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA).

**Pengaruh Bobot Adsorben**

25 mL larutan Cu 10 mg/L dengan pH optimum dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Adsorben *nanofiber* polisulfon-FeOOH ditambahkan dengan variasi 20, 25 dan 30 mg. Larutan dishaker menggunakan waktu dan pH optimum. Sampel disaring dan dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA).

**Pengaruh Konsentrasi**

25 mL larutan Cu dengan konsentrasi 10 , 30, 60, 90, 100 dan 200 mg/L dengan pH optimum dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan 25 mg *nanofiber* polisulfon-FeOOH. Larutan dishaker (150 rpm) menggunakan waktu optimum. Kemudian sampel disaring menggunakan kertas saring dan filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA). Hal yang sama dilakukan untuk *nanofiber* polisulfon.

**Isoterm Adsorpsi**

Setelah melakukan analisis pengaruh konsentrasi, akan didapatkan nilai konsentrasi ion logam Cu. Model isoterm adsorpsi dapat diketahui dengan pendekatan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

**Kolom Adsorpsi**

Kolom adsorpsi disiapkan menggunakan 0,1550 gram *nanofiber* yang dilapisi FeOOH yang dimasukkan ke dalam kolom kaca bercerat dengan tinggi adsorben 5,5 cm dan diameter kolom 1 cm. Sebelum digunakan, kolom tersebut dibilas menggunakan akuades, dan dimasukkan sedikit glass wool. *Nanofiber* polisulfon-FeOOH dimasukkan ke dalam kolom. Selanjutnya ditentukan laju alir kolom dengan akuades. Setelah laju alir kolom ditentukan, larutan Cu<sup>2+</sup> konsentrasi 10 mg/L dengan pH larutan 3 dan 6 dialirkan ke dalam kolom tersebut dengan laju alir 1,5 mL/menit selama 120 menit. Filtrat ditampung setiap interval waktu 10 menit dan dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA).

**Penentuan Kapasitas Adsorpsi dan Efisiensi Adsorpsi**

Kapasitas adsorpsi dapat ditentukan menggunakan rumus (1) dibawah ini (Sang *et al*, 2008):

$$q = \frac{(C_o - C_a)V}{M} \dots\dots\dots (1)$$

- Dimana :
- q : kapasitas penyerapan (mg/g)
  - C<sub>o</sub> : konsentrasi awal (mg/L)
  - C<sub>a</sub> : konsentrasi akhir (mg/L)
  - V : volume (L)
  - M : massa (g)

Sedangkan Efisiensi adsorpsi dapat dihitung berdasarkan persamaan (2) dibawah ini (Wardiyati *et al*, 2007):

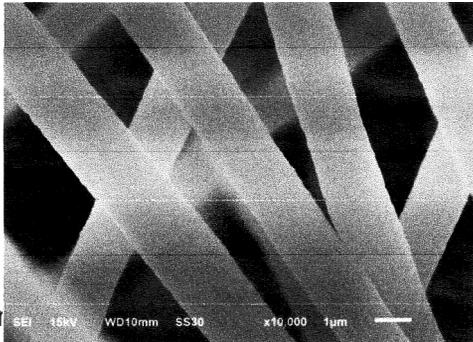
Efisiensi adsorpsi (%)

$$\frac{(C_o - C_a)}{C_o} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

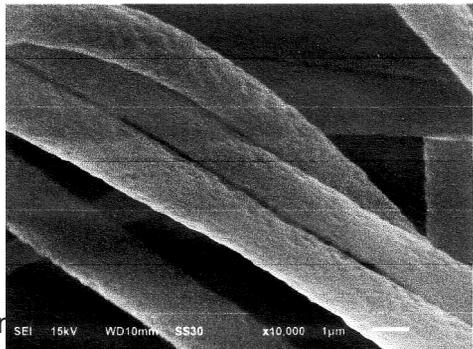
Morfologi dan diameter *nanofiber* polisulfon dan polisulfon-FeOOH dianalisis menggunakan SEM. Gambar 1 menunjukkan hasil SEM dari *nanofiber* polisulfon 23 % (b/v), jarak 12 cm, laju alir

0,05 mL/min dan tegangan 25 kV dalam pelarut DMAC. *Nanofiber* yang terbentuk merupakan serat lurus dengan permukaan yang halus dan tidak terdapat *beads* dengan ukuran diameter sekitar 762 nm.



Gambar 2

Dari foto SEM dapat dilihat bahwa diameter yang dihasilkan dari proses elektrospinning ini memiliki diameter yang seragam. Namun besarnya diameter yang dihasilkan kemungkinan disebabkan oleh besarnya tegangan permukaan dari larutan polimer sehingga perlu dilakukan pencampuran komposisi pelarut, penambahan garam atau surfaktan agar tegangan permukaan turun dan diameter serat yang dihasilkan lebih kecil.



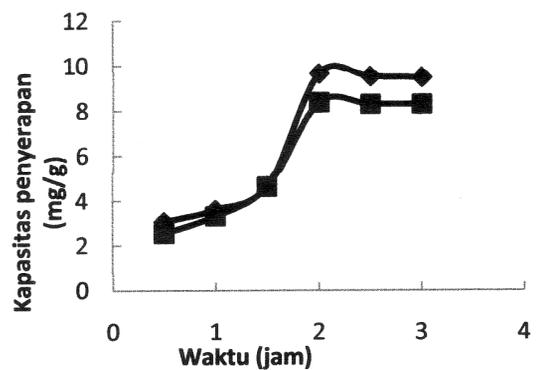
Gambar 3

Morfologi *nanofiber* polisulfon-FeOOH dapat dilihat pada Gambar 2. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pelapisan dengan FeOOH ukuran diameter serat menjadi tidak seragam dan diameter yang dihasilkan setelah dilapisi lebih besar yaitu sekitar 844 nm hal ini disebabkan masuknya FeOOH ke dalam pori dan melapisi seluruh permukaan *nanofiber* sehingga bentuk permukaan serat menjadi

tidak mulus lagi.

### Optimasi Penyerapan Cu<sup>2+</sup> Pengaruh Waktu

Dalam penelitian ini dilakukan variasi waktu untuk menentukan waktu penyerapan optimum ion Cu menggunakan *nanofiber* polisulfon dan *nanofiber* polisulfon-FeOOH. Waktu penyerapan optimum adalah waktu yang diperlukan oleh adsorben untuk menyerap ion Cu. Variasi waktu yang digunakan yaitu 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 dan 3 jam. Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



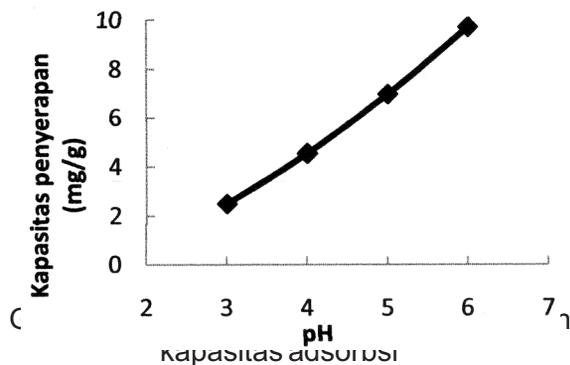
Gambar 3. Hubungan antara waktu dengan kapasitas adsorpsi. (◆) *nanofiber*-FeOOH (■) *nanofiber*.

semakin lama waktu adsorpsi maka kapasitas adsorpsi semakin meningkat kemudian setelah mencapai waktu penyerapan optimum terjadi penurunan adsorpsi Cu<sup>2+</sup> dan cenderung konstan. Turunnya jumlah Cu<sup>2+</sup> yang terserap oleh adsorben disebabkan karena adsorben yang digunakan telah jenuh dan tertutupi oleh adsorben sehingga jika waktu diperpanjang tidak akan mempengaruhi nilai kapasitas penyerapan dan efisiensi adsorpsi (Sang *et al*, 2008). Waktu penyerapan optimum Cu<sup>2+</sup> oleh *nanofiber*-FeOOH dan *nanofiber* polisulfon yaitu 2 jam. Dengan penambahan FeOOH dapat meningkatkan kapasitas penyerapan serta efisiensi adsorbsinya dimana kapasitas penyerapan dan efisiensi adsorpsi *nanofiber*-FeOOH sebesar 9,66 mg/g dan 97,87 % sedangkan *nanofiber* polisulfon yang dijadikan sebagai kontrol sebesar 8,38 mg/g dan 83,47 %. Jika waktu adsorpsi di bawah waktu penyerapan

optimum maka kapasitas penyerapan dan efisiensi adsorpsi akan rendah disebabkan permukaan adsorben masih belum banyak yang berikatan dengan  $\text{Cu}^{2+}$  sehingga proses penyerapan kurang efektif.

### Pengaruh pH

pH merupakan salah satu parameter yang penting untuk melihat kemampuan kapasitas penyerapan karena dapat mempengaruhi permukaan adsorben dan berhubungan dengan protonasi atau deprotonasi permukaan sisi aktif dari adsorben. Nilai pH juga dapat mempengaruhi kesetimbangan kimia, baik pada adsorbat maupun pada adsorben. Dalam variasi pH ini kemungkinan ikatan kimia antara adsorben dengan adsorbat dapat terjadi. Adsorpsi dilakukan pada variasi pH 3, 4, 5 dan 6 dengan konsentrasi larutan  $\text{Cu}^{2+}$  10 mg/L dan waktu kontak 1,5 jam serta bobot adsorben 25 mg. Pengaruh pH terhadap kapasitas penyerapan  $\text{Cu}^{2+}$  dapat dilihat pada Gambar 4.



Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa kapasitas penyerapan meningkat dengan meningkatnya nilai pH. pH optimum untuk penyerapan  $\text{Cu}^{2+}$  yaitu pH 6 dengan kapasitas adsorpsi yang diperoleh sebesar 9,71 mg/g dan efisiensi adsorpsi 97,1 %.

pH 3 merupakan kapasitas adsorpsi terendah sebesar 2,51 mg/g dengan efisiensi adsorpsi 25,1 % hal ini disebabkan karena pada pH asam ion cenderung larut sehingga menurunkan kemampuan gugus aktif adsorben untuk mengikat ion logam. Selain itu pada pH asam permukaan adsorben dikelilingi oleh ion  $\text{H}^+$  (gugus fungsi yang terdapat pada adsorben terprotonasi)

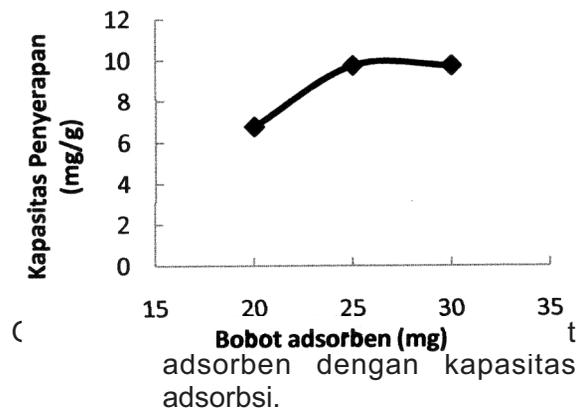
yang menyebabkan permukaan adsorben juga bermuatan positif, sehingga terjadi tolakan antara permukaan adsorben dengan ion logam, hal ini yang menyebabkan nilai kapasitas adsorpsinya menjadi rendah (Ni'mah dan Ulfin 2008).

Pada pH 7 kapasitas adsorpsi tidak ditentukan karena ion Cu membentuk endapan  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  berwarna biru dengan penambahan NaOH, setelah didapatkan pH 7, semua ion logam Cu yang terlarut membentuk endapan berwarna coklat sehingga bukan peristiwa adsorpsi yang terjadi melainkan presipitasi.

### Pengaruh Bobot Adsorben

Variasi bobot adsorben *nanofiber* polisulfon-FeOOH yang digunakan yaitu 20, 25, dan 30 mg. Larutan Cu yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 10 mg/L dengan waktu penyerapan optimum 2 jam. Pengaruh bobot adsorben terhadap kapasitas penyerapan dapat dilihat pada Gambar 5.

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin besar bobot adsorben yang digunakan maka semakin besar pula kapasitas penyerapan yang didapatkan.

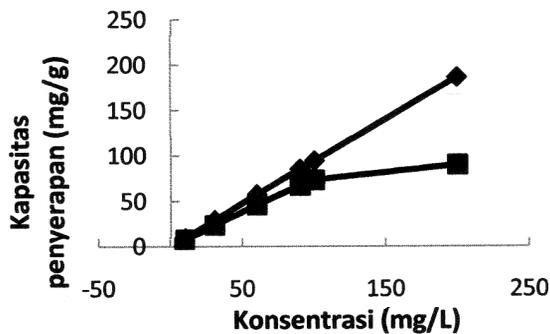


Hal ini disebabkan karena semakin banyak sisi aktif dari adsorben. Kapasitas penyerapan terendah dihasilkan pada penggunaan 20 mg adsorben yaitu sebesar 6,77 mg/g dan efisiensi adsorpsi 67,97 %. Penambahan bobot adsorben 25 mg dapat meningkatkan kapasitas penyerapan menjadi 9,75 mg/g dan efisiensi adsorpsi sebesar 97,89 % yang merupakan

penyerapan optimum Cu<sup>2+</sup>. Hal yang sama juga terjadi pada penambahan 30 mg adsorben karena telah tercapai kapasitas penyerapan maksimum sehingga dengan penambahan massa tidak memberikan hasil yang signifikan.

**Pengaruh Konsentrasi**

Untuk penentuan kondisi optimum penyerapan ion Cu<sup>2+</sup> dilakukan variasi konsentrasi 10, 30, 60, 90, 100 dan 200 mg/L. Proses adsorpsi dilakukan pada kondisi optimum yang diperoleh yaitu bobot adsorben 25 mg, waktu adsorpsi 2 jam dan pH 6 dengan volume larutan Cu<sup>2+</sup> sebanyak 25 mL.



Gambar 6. Hubungan antara konsentrasi dengan kapasitas adsorpsi. (◆) nanofiber-FeOOH, (■) nanofiber.

Dapat dilihat bahwa adsorben polisulfon-FeOOH memiliki kapasitas penyerapan yang lebih besar dibandingkan dengan nanofiber polisulfon, dimana semakin besar konsentrasi maka semakin besar pula kapasitas penyerapannya. Hal ini berhubungan dengan jumlah sisi aktif yang terdapat pada permukaan adsorben yang mampu mengikat ion logam tersebut. Bila jumlah sisi aktif cukup besar dibandingkan jumlah ion logam maka kapasitas penyerapan akan tinggi. Penyerapan optimum nanofiber polisulfon-FeOOH terjadi pada konsentrasi 10 mg/L dengan efisiensi adsorpsi sebesar 98,29 % dengan kapasitas penyerapan 9,79 mg/g. Sedangkan untuk nanofiber juga pada konsentrasi 10 mg/L dengan efisiensi adsorpsi sebesar 83,74 %

dengan kapasitas penyerapan 8,34 mg/g.

**Isoterm Adsorpsi**

Isoterm adsorpsi menjelaskan hubungan kesetimbangan antara jumlah adsorbat dengan konsentrasi dalam fase larutan dan konsentrasi di dalam partikel adsorben pada suhu tertentu (Song *et al.*, 2013). Isoterm adsorpsi bertujuan untuk mengetahui pola penyerapan dari adsorben yang digunakan selain itu juga dapat digunakan untuk menentukan kapasitas penyerapan maksimum. Pola isoterm adsorpsi yang akan ditentukan pada penelitian ini yaitu isoterm Langmuir dan Freundlich. Pola isoterm yang didapatkan dari hasil penelitian menggunakan nanofiber polisulfon dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Konstanta isoterm Langmuir dan Freundlich untuk adsorpsi ion Cu pada nanofiber polisulfon dan nanofiber polisulfon-FeOOH dan R<sup>2</sup> (koefisien korelasi).

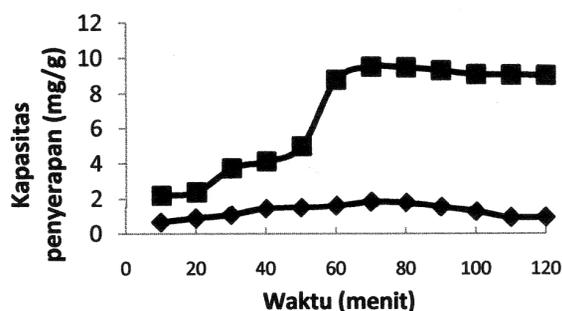
Adsorben	Langmuir R <sup>2</sup>	Freundlich R <sup>2</sup>
Nanofiber polisulfon	0,857	0,864
Nanofiber polisulfon-FeOOH	0,895	0,985

Dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi yaitu proses fisika dan dapat mengadsorpsi lebih dari satu molekul adsorbat pada sisi aktif permukaan adsorben yang memungkinkan penyerapan pada banyak lapisan (Bubbaa *et al.*, 2003) karena pola penyerapan menunjukkan pola isoterm Freundlich.

**Kolom Adsorpsi**

Kolom adsorpsi dilakukan dengan perbedaan pH dan waktu penyerapan optimum. Percobaan menggunakan kolom adsorpsi dilakukan menggunakan kolom kaca dengan cara batch. Pengaturan laju alir dilakukan dengan cara membuka kolom sehingga akuades yang terdapat pada

kolom akan menetes keluar, hal ini dilakukan hingga didapatkan laju alir yang konstan. Laju alir pada penelitian ini didapatkan sebesar 1,5 mL/menit. Adsorpsi dilakukan menggunakan kolom kaca dengan ukuran panjang 15 cm dan diameter 1 cm dengan bobot adsorben sebanyak 0,1550 g dengan konsentrasi larutan Cu 10 mg/L, pH 3 dan 6. Waktu adsorpsi dilakukan selama 10 hingga 120 menit. Hasil penelitian menggunakan kolom adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Penyerapan ion Cu menggunakan kolom adsorpsi (◆) pH 3 dan (■) pH 6.

Adsorben yang dimasukkan pada kolom adalah *nanofiber* polisulfon-FeOOH karena memiliki nilai kapasitas adsorpsinya lebih tinggi dibandingkan dengan *nanofiber* polisulfon. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa waktu penyerapan optimum untuk kedua pH yaitu 70 menit kapasitas penyerapan 1,83 mg/g dan efisiensi 18,3 % untuk larutan Cu pH 3 dan 9,52 mg/g dan efisiensi 95,2 % untuk larutan Cu dengan pH 6. Setelah 70 menit kapasitas penyerapan cenderung konstan hal ini disebabkan karena adsorben yang digunakan telah jenuh sehingga dengan bertambahnya waktu penyerapan tidak memberikan hasil yang signifikan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kondisi optimum untuk pembuatan *nanofiber* polisulfon-FeOOH yaitu konsentrasi 23 % (b/v), laju alir 0,05 rpm, tegangan 25 kV, dan jarak 12 cm dengan metode pelapisan secara langsung saat sintesis.

Optimasi dari *nanofiber* polisulfon-FeOOH terhadap adsorpsi Cu<sup>2+</sup> diperoleh

kondisi optimum dengan waktu kontak 2 jam, pH 6, bobot adsorben 25 mg dan konsentrasi 10 mg/L dengan kapasitas adsorpsi 9,79 mg/g dan efisiensi adsorpsi 98,29 % serta pola isoterm adsorpsi yang diperoleh yaitu pendekatan isoterm Freundlich dengan nilai  $R^2 = 0,985$ . Sedangkan adsorpsi menggunakan kolom adsorpsi diperoleh kondisi optimum pH 6, waktu 70 menit, konsentrasi 10 mg/L dan bobot adsorben 0,1550 g dengan kapasitas adsorpsi 9,52 mg/g.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Dr. Eng. Muhamad Nasir dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI-Bandung) atas bantuannya dalam mempersiapkan peralatan *elektrospinning* dan penggunaan bahan kimia yang dibutuhkan selama proses penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-ayubi, M. C., H. Barroroh, D. Chandra. 2010. Studi Kesetimbangan Adsorpsi Merkuri(II) pada Biomassa Daun Enceng Gondok. *Alchemy* 1(2). 55-103.
- Bessbousse, H., T. Rhilalou, J. F. Verch`ere, L. Lebrun. 2008. Removal Of Heavy Metal Ions From Aqueous Solutions By Filtration With A Novel Complexing Membrane Containing Poly (Ethyleneimine) In A Poly(Vinyl Alcohol) Matrix. *J. Membr. Sci.*, 307, 249–259.
- Bubbaa, M. D., C. A. Arias, H. Brix. 2003. Phosphorus Adsorption Maximum of Sands for Use as Media in Subsurface Flow Constructed Reed Beds as Measured By the Langmuir Isotherm. *Water Res.* 37, 3390–3400.
- Dzombak, D. A. And F. M. M. Morel. 1985. Sorption of Cadmium on Hydrous Metal Oxide at High Sorbate/Sorbent Ratios: Equilibrium, Kinetics, and Modeling. *J. Colloids and Interface Sci.* 112(2), 588-598.
- Dermentzis, D., E. Valsamidou, D. Marmanis. 2012. Simultaneous

- removal of acidity and lead from acid lead battery wastewater by aluminum and iron electrocoagulation. *J. Eng. Sci. Technol.*, 5 (2), 1-5.
- Gong, J., L. Chen, G. Zeng, F. Long, J. Deng, Q. Niu, X. He. 2012. Shellac-coated iron oxide nanoparticles for removal of cadmium(II) ions from aqueous solution. *J. Envir. Sci.*, 24(7), 1165–1173.
- Herwanto. B dan Santoso, E. 2006. Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Pada Membran Selulosa-Khitosan Terikat Silang. *Akta Kimindo 2* (1), 9–24.
- Jung, Y.S., M. Pyo. 2008. Removal Of Heavy Metal Ions By Electrocoagulation For Continuous Use of  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  Mediated Electrochemical Oxidation Solutions. *Bull. Korean Chem. Soc.*, 29(5), 1-7.
- Keshkar. A. R., M. Irani, M. A. Moosavian. 2013. Comparative Study on PVA/Silica Membrane Functionalized with Mercapto and Amine Groups for Adsorption of Cu(II) from Aqueous Solutions. *J. Chem. Eng.* 44, 279–286.
- Mazoochi, T., M Hamadani, MAhmadi and V. Jabbari. 2012. Investigation on the Morphological Characteristics of Nanofiberous Membrane as Electrospun in the Different Processing Parameters. *Int. J. Industrial Chem.* 2-8.
- Moslehi, P., J. Shayegan and S. Bahrpayma. 2008. Performance of Membrane Bioreactor in Removal of Heavy Metal from Industrial Wastewater. *Iranian J. Chem. Eng.* 5(4).
- Navarro, R. R., S. Wada, K. Tatsumi. 2005. Heavy metal precipitation by polycation–polyanion complex of PEI and its phosphonomethylated derivative. *J. Hazard Mater.* B123, 203–209.
- Ni'mah, Y dan I. Ulfin. 2007. Penurunan Kadar Tembaga Dalam Larutan Dengan Menggunakan Biomassa Bulu Ayam. *Akta Kimindo*, 2(1), 57–66
- Pehlivan, E., H. T. Tran, W. K. I. Ouédraogo, C. Schmidt, D. Zachmann, M. Bahadir. 2013. Sugarcane Bagasse Treated with Hydrous Ferric Oxide as A Potential Adsorbent For The Removal Of As(V) From Aqueous Solutions. *Food Chem.* 138, 133–138.
- Sang, Y., F. Li, Q. Gu, C. Liang, J. Chen. 2008. Heavy Metal-Contaminated Groundwater Treatment by A Novel Nanofiber Membrane. *Desalination* 223, 349–360.
- Song, X., Y. Zhang, C. Yan, W. Jiang, C. Chang. 2013. The Langmuir Monolayer Adsorption Model of Organic Matter Into Effective Pores in Activated Carbon. *J. Colloid and Interface Sci.* 389, 213–219.
- Tan, S., X. Huang and B. Wu. 2007. Some Fascinating Phenomena in Electrospinning Processes and Applications of Electrospun Nanofibers. *Polym. Int* 56, 1330–1339.
- Vitasari, D., P. A. Lystanto, Kusmiyati, A. M. Fuadi. 2009. Kinetika dan Termodinamika Adsorpsi  $\text{Cu}^{2+}$  dengan Adsorben Karbon Aktif Arang Batu Bara. *Simposium Nasional*. 16-22.
- Wardiyati, S., S. Budi dan Ridwan. 2007. Adsorpsi Ion  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Ni}^{2+}$  oleh Nanopartikel  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$ . *Akreditasi LIPI* 536, 83-87