

**PEMBUATAN SILIKA GEL DARI ABU DAUN BAMBU PETUNG (*Dendrocalamus asper* (Schult. f) Backer ex Heyne) DAN APLIKASINYA UNTUK ADSORPSI ION Cd (II)**

**THE MANUFACTURING OF SILICA GEL FROM BAMBOO LEAF ASH (*Dendrocalamus asper* (Schult. f) Backer ex Heyne) AND THE APPLICATION FOR ADSORPTION Cd (II) ION**

**Yasrin\*, Alimuddin, dan Aman Sentosa Panggabean**

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman  
Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, 75123

\*E-mail: yasrin.buton@gmail.com

*Received: 14 November 2019, Accepted: 10 August 2020*

**ABSTRACT**

The research about silica gel manufacturing from bamboo leaf ash (*Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer ex Heyne) and the application for Cd (II) ion adsorption has been done. The adsorption of Cd (II) ion done by some varieties, such as pH, concentration, and contact time. The result of the research showed the optimum pH was 8, the optimum concentration was 4 ppm and the contact time was 60 minutes. The adsorption capacity was 0.388 mg/g and the percentage of recovery was 93.44%.

**Keywords:** *Bamboo Leaf Ash, Silica Gel, Adsorption, Cd (II) Ion.*

**PENDAHULUAN**

Daun bambu yang sering dijumpai di lingkungan sekitar ternyata memiliki kandungan senyawa yang masih bisa dimanfaatkan, salah satunya yaitu silika. Berdasarkan hasil analisa XRF pada penelitian yang dilakukan oleh [1] menyatakan bahwa kandungan silika pada abu daun bambu petung berkisar antara 77,96% hingga 92,56%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka daun bambu petung memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan silika gel.

Silika gel merupakan salah satu senyawa silika sintesis yang berstruktur amorf dan dapat disintesis melalui proses sol-gel [2]. Silika gel banyak digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi karena memiliki beberapa kelebihan antara lain: silika gel mudah diproduksi, sangat inert, hidrofilik, mempunyai kestabilan termal dan mekanik yang tinggi. Silika gel memiliki gugus aktif pada permukaannya yakni berupa gugus silanol (Si-OH) dan gugus siloksan (Si-O-Si) yang memungkinkan untuk menyerap ion logam melalui mekanisme pertukaran ion [3].

Kadmium adalah elemen alami dari kerak bumi yang diambil oleh tanaman dan kemudian diteruskan ke hewan melalui rantai makanan. Metabolisme dan toksikologinya menjadi perhatian besar, karena memiliki kemampuan akumulasi dalam

organisme hidup. Kadmium (Cd) adalah salah satu logam yang dikelompokkan dalam jenis logam berat non-esensial. Logam ini jumlahnya relatif kecil, tetapi dapat meningkat jumlahnya dalam lingkungan karena proses pembuangan sampah industri maupun penggunaan minyak sebagai bahan bakar [4.5]. Kadmium memiliki karakteristik berwarna putih keperakan seperti logam aluminium, tahan panas dan tahan terhadap korosi. Logam Cd biasanya selalu dalam bentuk campuran dengan logam lain terutama dalam pertambangan timah hitam dan seng [6]. Kadmium telah banyak digunakan pada berbagai industri antara lain pelapisan logam, peleburan logam, pewarnaan, baterai dan lain-lain. Dalam industri pertambangan, proses pemurnian Pb dan Zn akan selalu memperoleh hasil samping kadmium yang terbuang ke lingkungan. Menurut [7], perairan di Indonesia telah tercemar kadmium, diantaranya estuari sungai Digul dan laut Arafura pada tahun 2001 sebesar <0,001-0,002 ppm, perairan provinsi Banten pada tahun 2001 sebesar <0,001-0,001 ppm dan sungai Kampar Riau pada tahun 2006 sebesar 0,035-0,046 ppm. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut, kandungan Cd tersebut melebihi baku mutu untuk biota laut yaitu 0,001 ppm.

Pada penelitian ini dibuat material silika gel dari abu daun bambu petung untuk digunakan

sebagai adsorben ion logam  $Cd^{2+}$ . Uji adsorpsi dilakukan dengan melakukan variasi pH, variasi konsentrasi dan variasi waktu kontak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik silika gel dari abu daun bambu petung yang terbentuk dan mengetahui kondisi optimum adsorpsi ion logam  $Cd^{2+}$  oleh silika gel dari abu daun bambu petung serta kapasitas adsorpsinya.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah: *furnace*, cawan penguap, neraca analitik, *beaker glass*, labu takar, pipet tetes, spatula, batang pengaduk, *magnetic stirrer*, termometer, *hot plate*, corong kaca, erlenmeyer, tiang statif dan klem, oven, pH meter, ayakan ukuran 150 mesh dan seperangkat instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), Spektrofotometer FTIR dan SEM.

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah: daun bambu petung yang masih hijau, akuades, larutan HCl, larutan NaOH, serbuk  $Cd(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ , kertas saring dan pH universal.

### Prosedur Penelitian

#### Preparasi sampel

Sebanyak 1500 gram daun bambu petung dibersihkan kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Selanjutnya direndam dalam larutan HCl 1 M selama 1 jam dan kemudian dibilas menggunakan akuades sampai pH netral (pH 7), kemudian dijemur kembali di bawah sinar matahari hingga kering. Selanjutnya daun bambu diabukan dalam *furnace* pada suhu  $600^\circ C$  selama 7 jam.

#### Pembuatan natrium silikat

Sebanyak 20 gram abu daun bambu petung ditambahkan 500 mL NaOH 1 M diaduk pada suhu  $60-80^\circ C$  selama 3 jam, selanjutnya didiamkan setelah itu disaring sehingga dihasilkan filtrat larutan natrium silikat.

#### Pembuatan silika gel

Sebanyak 100 mL larutan natrium silikat diukur pH awal kemudian ditambahkan HCl 1 M setetes demi setetes sambil diaduk sampai pH 7 dan kemudian didiamkan semalam sehingga diperoleh gel (hidrogel). Kemudian gel yang diperoleh dicuci dengan menggunakan akuades sampai air bekas cucian bersifat netral. Setelah itu gel dipanaskan di oven pada suhu  $80^\circ C$  sampai kering sehingga dihasilkan silika gel kering (serogel). Kemudian

silika serogel digerus dan diayak. Selanjutnya dianalisa dengan instrumen SEM dan FT-IR.

### Uji adsorpsi ion logam $Cd^{2+}$ terhadap silika gel Variasi pH

Sebanyak 0,1 gr silika gel dimasukkan ke dalam 10 mL larutan pH dengan variasi pH 3-9. Kemudian diaduk selama waktu interaksi 60 menit, lalu disaring dan residunya dikeringkan, kemudian residu yang telah kering ditambahkan ke dalam larutan standar ion logam  $Cd^{2+}$  dengan konsentrasi 1 ppm dan diaduk selama 60 menit. Kemudian dipisahkan dan selanjutnya dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Dari hasil pengukuran akan didapatkan pH optimum.

#### Variasi konsentrasi

Sebanyak 0,1 gr silika gel dengan pH optimum ditambahkan dengan 10 mL larutan standar ion logam  $Cd^{2+}$  dengan variasi konsentrasi (2-10) ppm, kemudian diaduk selama waktu interaksi 60 menit, kemudian dipisahkan dan selanjutnya dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Dari hasil pengukuran akan didapatkan konsentrasi optimum.

#### Variasi waktu

Sebanyak 0,1 gr silika gel dengan pH optimum ditambahkan dengan 10 mL larutan standar ion logam  $Cd^{2+}$  dengan konsentrasi optimum dan diaduk selama variasi waktu interaksi (15-90 menit), kemudian dipisahkan dan selanjutnya dianalisa menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Dari hasil pengukuran akan didapatkan waktu optimum.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

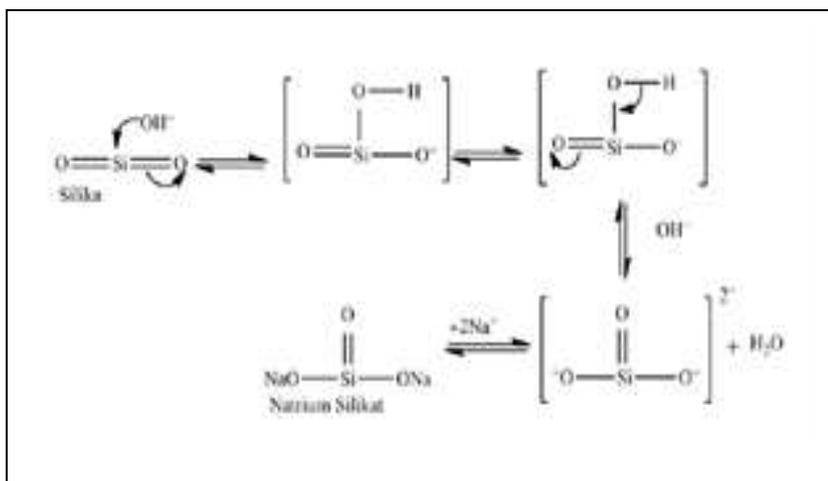
### Preparasi Sampel dan Pembuatan Natrium Silikat

Pada tahap preparasi, daun bambu petung dibersihkan terlebih dahulu untuk menghilangkan zat-zat pengotornya dan direndam dalam larutan HCl 1 M selama 1 jam dengan tujuan untuk menghilangkan logam pengotor seperti CaO,  $K_2O$  dan MnO serta berfungsi dalam hidrolisis senyawa organik dalam daun bambu sebelum dilanjutkan ke tahap pengabuan. Perendaman dalam larutan HCl juga menghasilkan kandungan  $SiO_2$  yang tinggi dibandingkan dengan tanpa perendaman HCl [1]. Proses pengabuan dilakukan selama 7 jam pada suhu  $600^\circ C$ . Proses ini bertujuan untuk mengabukan dan menghilangkan zat-zat organik atau pengotor yang terkandung dalam abu daun bambu petung, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan kandungan silika ( $SiO_2$ ) pada abu daun bambu tersebut [2].

Pada proses pembuatan natrium silikat, abu daun bambu petung ditambahkan ke dalam larutan NaOH 1 M sehingga dihasilkan larutan natrium

silikat berwarna bening. Adapun mekanisme reaksi yang terjadi selama proses pembentukan natrium

silikat dapat dilihat pada Gambar 1.

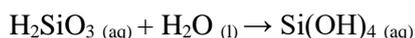


Gambar 1. Mekanisme reaksi pembentukan natrium silikat.

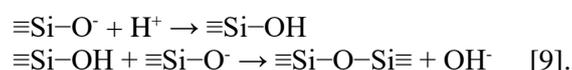
Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa natrium hidroksida akan terdisosiasi sempurna membentuk ion natrium (Na<sup>+</sup>) dan ion hidroksil (OH<sup>-</sup>). Dimana salah satu ion OH<sup>-</sup> bertindak sebagai nukleofil yang akan menyerang atom Si dalam SiO<sub>2</sub> sehingga mengakibatkan terjadinya pemutusan ikatan rangkap. Ion OH<sup>-</sup> yang kedua akan berikatan dengan hidrogen (H<sup>+</sup>) sehingga membentuk molekul air (H<sub>2</sub>O) pada saat terjadi dehidrogenasi. Sedangkan dua ion Na<sup>+</sup> bertindak dalam menyeimbangkan SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup> yang bermuatan negatif sehingga terbentuk natrium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) [8].

### Pembuatan Silika Gel

Pembuatan silika gel dilakukan dengan menggunakan metode sol-gel, dimana larutan natrium silikat ditambahkan HCl 1 M tetes demi tetes sambil dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirer* hingga mencapai pH 7. Pada proses ini terjadi pembentukan H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, diikuti reaksi pembentukan sol asam Si(OH)<sub>4</sub>. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Penambahan HCl mengakibatkan konsentrasi H<sup>+</sup> dalam larutan natrium silikat meningkat. Hal ini membuat silikat berubah menjadi asam silikat (H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) yang mengakibatkan gugus siloksan (Si-O<sup>-</sup>) membentuk gugus silanol (Si-OH). Gugus silanol yang terbentuk terpolimerasi dengan membentuk ikatan silang ≡Si-O-Si≡ hingga terbentuk gel silika melalui proses kondensasi sesuai dengan persamaan reaksi berikut:

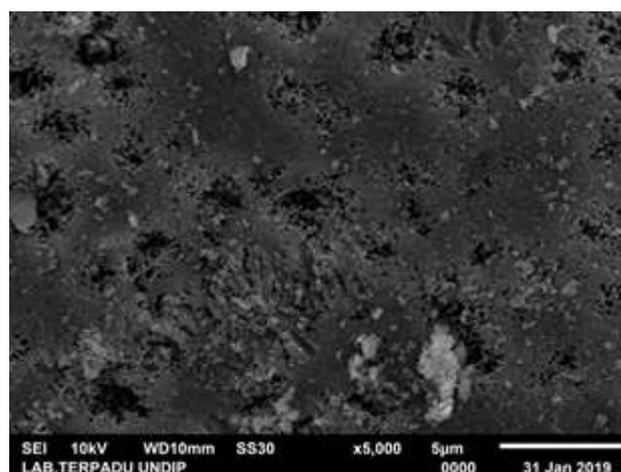


Hasil sintesis silika gel dari 20 gram abu daun bambu petung diperoleh silika gel seberat 18,2079 gram. Dari hasil tersebut dapat ditentukan % rendemen yaitu sebesar 90,984%.

### Karakterisasi Silika Gel

#### Karakterisasi menggunakan SEM

Karakterisasi menggunakan SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan silika gel dari abu daun bambu petung yang dihasilkan. Adapun hasil karakterisasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil karakterisasi SEM dari silika gel dari abu daun bambu petung.

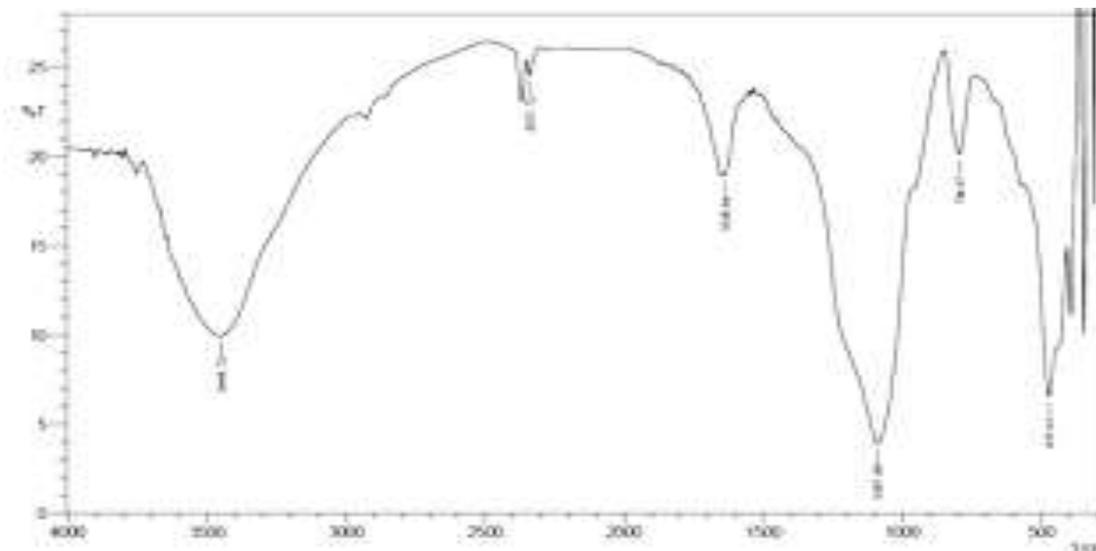
Pada Gambar 2 tersebut dengan perbesaran 5000 kali terlihat adanya pori-pori dengan ukuran yang beragam dan tersebar secara acak pada

permukaan silika gel. Celah atau pori inilah yang diharapkan dapat diisi oleh ion logam kadmium saat proses adsorpsi berlangsung.

### Karakterisasi menggunakan FTIR

Karakterisasi menggunakan FT-IR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada

silika gel seperti gugus silanol, gugus siloksan dan gugus-gugus lainnya. Adapun hasil karakterisasi silika gel menggunakan FT-IR dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Hasil karakterisasi FT-IR dari silika gel dari abu daun bambu petung.

Berdasarkan gambar di atas, dapat diidentifikasi adanya gugus silanol (Si-OH) pada bilangan gelombang  $1635,64\text{ cm}^{-1}$ , gugus siloksi (Si-O) pada bilangan gelombang  $794,67\text{ cm}^{-1}$  dan gugus siloksan (Si-O-Si) pada bilangan gelombang  $470,63\text{ cm}^{-1}$ .

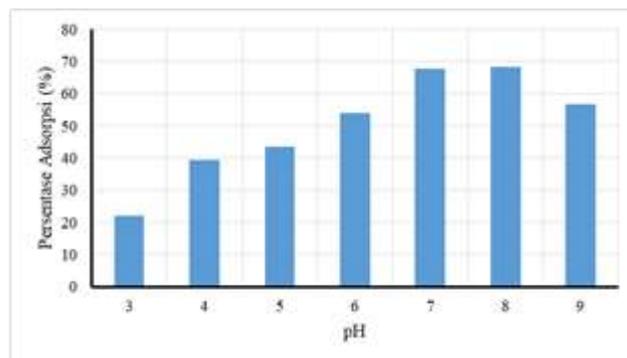
Dari hasil karakterisasi FT-IR, terlihat adanya ketidakmurnian dari silika gel yang dihasilkan, ini terlihat dari adanya vibrasi ulur -COOH pada bilangan gelombang  $2337,72\text{ cm}^{-1}$ . Diduga gugus -COOH ini berasal dari kandungan daun bambu itu sendiri yang tidak larut saat proses pencucian menggunakan HCl maupun tidak hancur saat proses pengabuan. Kemungkinan lain adalah gugus -COOH ini berasal dari faktor eksternal yang secara tidak sengaja masuk ke dalam silika gel.

### Uji Adsorpsi Ion Logam $\text{Cd}^{2+}$ Terhadap Silika Gel Variasi pH

Kondisi keasaman adsorben memberikan pengaruh terhadap persentase adsorpsi ion logam, sehingga perlu ditentukan pH optimum proses adsorpsi. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa adanya pengaruh pH terhadap proses adsorpsi, dimana terlihat peningkatan kemampuan silika gel untuk mengadsorpsi seiring dengan bertambahnya nilai pH. Dimulai dari pH 3 dengan persentase adsorpsi

sebesar 22,1%. Kecilnya nilai persentase adsorpsi pada pH rendah (asam) disebabkan karena melimpahnya jumlah proton ( $\text{H}^+$ ) yang berkompetisi dengan ion logam pada permukaan adsorben yang mengakibatkan peluang terjadinya pengikatan ion logam oleh adsorben relatif kecil [9].



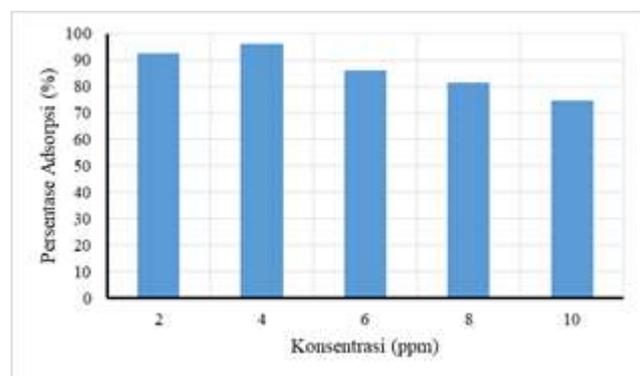
**Gambar 4.** Grafik penentuan pH optimum (massa adsorben 0,1 gram, konsentrasi 1 ppm dan waktu kontak 60 menit).

Kemudian terjadi kenaikan persentase adsorpsi hingga mencapai optimum pada pH 8 dengan persentase ion logam Cd yang teradsorpsi adalah 68,4%. Pada kondisi ini (pH 8) gugus  $\text{OH}^-$  pada silika gel terdeprotonasi membentuk muatan parsial negatif sehingga terjadi tarik menarik antara ion  $\text{OH}^-$  dengan ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  dalam larutan yang bermuatan positif

dan menghasilkan serapan ion logam  $Cd^{2+}$  yang tertinggi. Setelah mencapai pH optimum (pH 8), kemampuan silika gel untuk mengadsorpsi mengalami penurunan, dimana persentase adsorpsi pada pH 9 sebesar 56,65%. Hal ini terjadi karena ion logam  $Cd^{2+}$  mengalami reaksi pengendapan menjadi  $Cd(OH)_2$  yang ditandai dengan endapan berwarna putih. Menurut Apriliani (2010) [10], hal tersebut dikarenakan terlampauinya harga  $K_{sp}$   $Cd(OH)_2$  dalam larutan sebagian logam tidak dapat teradsorpsi. Harga  $K_{sp}$   $Cd(OH)_2$  pada suhu 25 °C adalah  $7,2 \times 10^{-15}$  sehingga secara teoritis logam Cd akan mengendap sebagai  $Cd(OH)_2$  pada pH 9,57.

### Variasi konsentrasi

Variasi konsentrasi dilakukan untuk mencari konsentrasi optimum yang dilakukan dengan cara menginteraksikan silika gel dengan ion logam Cd. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5.



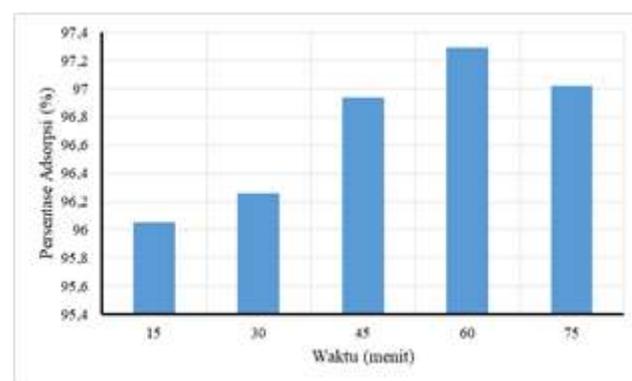
**Gambar 5.** Grafik penentuan konsentrasi optimum (massa adsorben 0,1 gram, pH 8 dan waktu kontak 60 menit).

Dari Gambar 5 dapat dilihat kondisi konsentrasi optimum terjadi pada konsentrasi 4 ppm dengan persentase adsorpsi sebesar 95,96%. Kemudian terjadi penurunan persentase adsorpsi seiring dengan meningkatnya konsentrasi, dimana pada konsentrasi 6 ppm, 8 ppm dan 10 ppm diperoleh persentase adsorpsi berturut-turut sebesar 85,92%, 81,27% dan 74,34%. Menurut Yusrin, dkk (2011), bahwa semakin besar konsentrasi larutan maka semakin banyak jumlah zat terlarut yang dapat diadsorpsi hingga tercapai kesetimbangan tertentu. Namun bertambahnya konsentrasi ion logam yang berarti menambah jumlah ion logam dalam larutan akan menurunkan kapasitas dan persentase adsorpsi dari adsorben [11]. Menurut Mattel (1991), hal ini bisa terjadi karena ion-ion logam bersaing untuk berikatan dengan adsorben sehingga menyebabkan ion-ion logam yang telah terikat terlepas kembali, serta dapat disebabkan luas permukaan adsorben

sudah tertutupi sehingga diperlukan waktu yang lebih lama lagi untuk menyerap ion logam [12].

### Variasi waktu

Variasi waktu kontak dilakukan untuk mencari waktu kontak optimum yang diperlukan adsorben untuk mengadsorpsi ion logam  $Cd^{2+}$ . Waktu kontak adalah waktu yang dibutuhkan oleh adsorben untuk mencapai kesetimbangan. Semakin lama waktu kontak maka semakin besar pula konsentrasi ion logam  $Cd^{2+}$  yang teradsorpsi karena semakin banyak kesempatan adsorben bersinggungan dengan ion logam  $Cd^{2+}$ . Kondisi ini akan terus berlanjut hingga mencapai kondisi jenuh dan waktu kontak optimum telah diperoleh, dimana adsorben tidak dapat mengikat ion logam  $Cd^{2+}$  lagi karena semua pori-porinya telah dipenuhi oleh ion logam  $Cd^{2+}$  [13]. Untuk hasil variasi waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik penentuan waktu optimum (massa adsorben 0,1 gram, pH 8 dan konsentrasi 4 ppm).

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan persentase adsorpsi seiring dengan bertambahnya waktu interaksi, dimana didapatkan waktu optimum pada waktu 60 menit dengan persentase adsorpsi sebesar 97,29%. Kemudian mengalami penurunan pada menit ke 75 dengan persentase adsorpsi sebesar 97,02%. Penurunan ini terjadi karena silika gel telah mencapai titik jenuh sehingga proses adsorpsi tidak lagi maksimal. Penurunan nilai adsorpsi juga menunjukkan terjadinya proses desorpsi yaitu melepaskan kembali ion logam yang telah diadsorpsi.

Dari hasil pengujian ini juga diperoleh kapasitas adsorpsi silika gel dari abu daun bambu petung terhadap ion logam  $Cd^{2+}$  pada kondisi pH, konsentrasi dan waktu optimum adalah sebesar 0,389 mg/g. Itu menunjukkan bahwa setiap 1 gram silika gel dapat mengadsorpsi 0,0389 mg ion logam  $Cd^{2+}$  [15].

### Persen Perolehan Kembali (*Recovery*)

Salah satu keuntungan menggunakan biomaterial sebagai adsorben adalah mudah diregenerasi. Regenerasi dapat dilakukan melalui proses desorpsi sehingga dapat dilakukan *recovery* logam-logam yang telah disisihkan.

**Tabel 2.** Persen perolehan kembali ion logam Cd.

Konsentrasi (ppm)				% <i>Recovery</i>
Awal	Akhir	Terserap	Terlepas	
4	0,154	3,846	3,594	93,44

Akurasi metode dikatakan baik bila perolehan kembali (% *recovery*) dalam range 80% - 110% [14].

### KESIMPULAN

Berdasarkan data dari FTIR, karakteristik silika gel dari abu daun bambu petung yang terbentuk dapat diidentifikasi adanya gugus silanol (Si-OH), gugus siloksi (Si-O) dan gugus siloksan (Si-O-Si). Sedangkan berdasarkan data dari SEM, karakteristik silika gel yang terbentuk terlihat adanya pori-pori dengan ukuran yang beragam dan tersebar secara acak pada permukaan silika gel. Kondisi optimum adsorpsi ion logam Cd<sup>2+</sup> dalam 10 mL oleh silika gel dari abu daun bambu petung seberat 0,1 gram yaitu pada pH 8 dengan konsentrasi 4 ppm dan waktu kontak 60 menit. Kapasitas adsorpsi ion logam Cd<sup>2+</sup> dengan silika gel dari abu daun bambu petung pada kondisi optimum sebesar 0,389 mg/g.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saputra A. R., Alimuddin dan Julia R. R. D. 2017. Sintesis material silika mesopori SBA-15 dari abu daun bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer Ex Heyne) dan pemanfaatannya sebagai adsorben metilen biru. *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2017*, hal. 106-110.
- [2] Syukri I., Hindryawati N. dan Julia R. R. D. 2017. Sintesis silika dari abu sekam padi termodifikasi 2-merkaptobenzotiazol untuk adsorpsi ion logam Cd<sup>2+</sup> dan Cr<sup>6+</sup>. *Jurnal Atomik*. 02(2):221-226
- [3] Sulastris S. dan Kristianingrum S. 2010. *Berbagai* macam senyawa silika: sintesis, karakterisasi dan pemanfaatan. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA*, Universitas Negeri Yogyakarta, hal. 211-216.
- [4] Amran M. B., Panggabean A. S., Sulaeman A., Rusnadi M. 2011. Preparation of a chelating resin and its application as a preconcentration system for determination of cadmium in river water by flow injection analysis. *International Journal of Environmental Research*. 5(2):531-536.
- [5] Septiana R., Panggabean A.S. dan Yusuf B. 2017. Analisis ion Cd (II) menggunakan resin termodifikasi abu kulit singkong-Ca-alginat sebagai bahan pengisi kolom dalam tahapan prakonsentrasi. *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2017*, hal. 205-212.
- [6] Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemarannya*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- [7] Arifin Z., Puspitasari R. dan Miyazaki N. 2012. Heavy metal contamination in indonesia coastal marine ecosystems: A historical perspective. *Coastal Marine Science*. 35:227-233.
- [8] Yusuf M., Suhendar D. dan Eko P. H. 2014. *Studi karakteristik silika gel hasil sintesis dari abu ampas tebu dengan variasi konsentrasi asam klorida*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung.
- [9] Pratomo I., Wardhani S. dan Purwonegoro D. 2013. Pengaruh teknik ekstraksi dan konsentrasi HCl dalam ekstraksi silika dari sekam padi untuk sintesis silika xerogel. *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*. 2(1):358-364.
- [10] Apriliani A. 2010. *Pemanfaatan arang aktif ampas tebu sebagai adsorben ion logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Semarang.
- [11] Yusrin A. F., Susatyo E. B. dan Mahatmanti F. W. 2014. *Perbandingan kemampuan silika gel dari abu sabut kelapa dan abu sekam padi untuk menurunkan kadar logam Cd<sup>2+</sup>*. Skripsi. Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- [12] Mattel C. L. 1991. *Adsorption. 2nd Edition*. New York: McGraw-Hill Company Inc.
- [13] Krismastuti H. B. dan Setiawan, A.H. 2008. *Adsorpsi ion cadmium dengan silika modifikasi*. Tangerang: Pusat Penelitian Kimia-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- [14] Lestari I. A., Alimuddin dan Yusuf B. 2014. Adsorpsi logam cadmium (Cd) oleh arang aktif dari tempurung aren (*Arenga pinnata*) dengan aktivator HCl. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 12(1):25-31.
- [15] Pranata A. S., Yusuf B., Panggabean A. S. 2014. Modifikasi resin Ca-alginat dengan abu jerami padi sebagai material pengisi kolom pada tahapan prakonsentrasi analisa ion Mn

- (II) secara off-line. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 12(1):14-16.
- [16] Iskandar B., Panggabean A. S. dan Kartika R. 2017. Validasi metode penentuan arsenik pada sampel air sumur bor dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom di PT. Geoservices Balikpapan. *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2017*, hal. 34-39.