

# Optimasi Adsorpsi Ion $Mn^{2+}$ pada Silika-GPTMS Dimodifikasi dengan Sulfonat

Yuda Pratama, Budhi Oktavia\*, Miftahul Khair, Trisna Kumala Sari

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang  
Jln. Prof. Hamka, Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia, 25131

\*budhioktavia@fmipa.unp.ac.id

**Abstract** — Manganese is one of the heavy metals that can pollute waters. This is caused by the use of pesticides and steel industry waste. Adsorption is one method that can be used to separate manganese metal. The adsorbent that is often used in adsorption is silica gel. However, the effectiveness of silica gel in absorbing heavy metal ions is very low, so modification is needed to increase the absorption capacity of silica gel to heavy metal ions. The purpose of this research is to obtain optimum conditions and sorption capacity of sulfonate-modified Silica-GPTMS in adsorbing  $Mn^{2+}$  ions and its adsorption isotherm. This study used batch method for adsorption process by varying pH and contact time. The results of absorption capacity at the optimum conditions of pH 4 and contact time 30 minutes.

**Kata Kunci** — manganese, modification, silica gel, sulfonate

## I. PENDAHULUAN

Mangan ialah mineral yang lebih keras dari besi dan juga sangat rapuh, berwarna putih – abu-abu dan memiliki titik lebur kira-kira  $125^{\circ}C$ . Kata mangan ini berasal dari bahasa latin “magnes” yang berarti magnet. C.W Scheele dan J. G Ghan pertama kali mengisolasi mangan dengan memanaskan  $MnO_2$  menggunakan batu bara (charcoal) dan minyak pada tahun 1774, walaupun kemurnian hasil yang didapat masih terbilang kecil [1].

Mangan (Mn) merupakan logam berat yang dapat merusak perairan akibat penggunaan pestisida dan dari limbah industri baja [2]. Sifat beracun dari mangan biasanya sudah terlihat dalam konsentrasi yang rendah. Batas konsentrasi Mn pada air yang biasa dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari yaitu  $<0,05\text{ mg/l}$ . Jika kandungan Mangan (Mn) dalam air minum  $>0,5\text{ mg/l}$ , maka dapat merusak syaraf, susah tidur, hingga melemahnya otot kaki serta wajah yang menyebabkan ekspresi wajah terlihat kaku [3].

Silika gel ialah salah satu adsorben yang sering dimanfaatkan pada berbagai metode analitik. Silika gel mengandung gugus aktif pada permukaannya berupa silanol (-Si-OH) dan siloksan (-Si-O-Si-), hingga banyak digunakan dalam keperluan industri sebagai adsorben air hingga fase diam pada kromatografi lapis tipis (KLT) [4]. Silika memiliki banyak kelebihan, yaitu: bersifat inert, adsorpsi yang baik, mudah dimodifikasi agar kinerjanya dapat meningkatkan, kestabilan termal serta mekanik yang tinggi, dan bisa dimanfaatkan pada prekonsentrasi [5]. Kelebihan silika gel tersebut membuat bahan kimia ini juga bisa dimanfaatkan pada penyerapan logam menggunakan metode pertukaran ion.

Dibalik kelebihannya tersebut, silika gel juga mempunyai kelemahan yaitu tingkat selektivitas serta efektifitas permukaannya saat berinteraksi dengan ion logam sangat

rendah. Hal tersebut dikarenakan gugus aktif Silika gel itu sendiri [6].

Modifikasi pada permukaan silika gel bisa menggunakan cara immobilisasi yaitu dengan memanfaatkan gugus fungsional organik sehingga dapat mengikat ion logam berat [7]. Modifikasi Silika dilakukan untuk meningkatkan daya adsorpsi silika terhadap ion logam dengan cara sisi aktif pada permukaan silika gel diperbanyak oleh gugus O<sup>-</sup>. Berdasarkan ketentuan Hard and Soft Acids and Bases adsorben yang bersifat basa keras akan mempunyai kemampuan adsorpsi ion logam yang tinggi yang bersifat asam keras. Silika gel termodifikasi sulfonat yang merupakan basa keras diharapkan memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik terhadap ion logam [8].

Pada penelitian sebelumnya sudah banyak dilakukan modifikasi silika gel untuk meningkatkan efektivitasnya dalam proses adsorpsi. Pada tahun 2009, Jiang et al berhasil menganalisis anion anorganik pada sampel air laut menggunakan Silika yang dimodifikasi dengan ion cetyltrimethylammonium sebagai fase diam [9]. Pada tahun 2013, Wang et al berhasil menyerap ion krom dengan menggunakan Silika yang telah dimodifikasi dengan senyawa imidazol [10]. Pada tahun 2020, Oktavia dan Kardi berhasil membuat kolom monolit dengan Silika menggunakan dimethylamine (DMA) sebagai modifier dan ethylene dimethacrylate sebagai crosslinker dan penggunaannya dalam kromatografi ion [11].

Pada penelitian ini silika gel akan dimodifikasi menjadi Silika-GPTMS-Sulfonat, sehingga diharapkan dapat mengadsorpsi kation  $Mn^{2+}$  dengan baik. Prinsip pertukaran ion digunakan dalam penelitian ini, dimana ion dengan muatan tertentu (baik kation atau anion) dalam larutan diadsorpsi pada bahan padat (penukar ion) dan digantikan oleh

jumlah yang setara dari ion lain dengan muatan yang sama yang dilepaskan oleh padatan[12]. Metode Spektrometri Serapan Atom (SSA) digunakan pada penelitian ini untuk melihat efektivitas silika gel termodifikasi sulfonat dalam mengadsorpsi kation  $Mn^{2+}$  dalam berbagai variasi pH dan waktu kontak.

## II. METODA PENELITIAN

### A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain *Fourier Transform Infra Red*, *X-Ray Fluorescence*, Spektrofotometri Serapan Atom, gelas kimia, erlenmeyer, labu ukur, kaca arloji, pipet tetes, cawan penguap, spatula, batang pengaduk, timbangan analitik, buret, statif dan klem, shaker, magnetic stirrer, kertas saring, desikator, hot plate, pH meter, oven, thermometer.

Bahan-bahan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu Silika gel, Gptms, HCl, toluena, aquades, metanol, natrium bikarbonat ( $NaHCO_3$ ), natrium tiosulfat ( $Na_2S_2O_3$ ), aseton, dietil eter, sodium 4-Amino-5-hydroxy-2,7-naphthalenedisulfonat salt, dan  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ .

### B. Prosedur Kerja

#### 1. Pembuatan Silika-GPTMS

Pada tahap pertama ini dilakukan pembuatan Silika-GPTMS. Sebanyak 25 gram Silika gel ditambahkan dengan 25ml GPTMS dan 87,5 ml toluene. Campuran distirer selama 24 jam pada temperatur  $90^\circ C$ . Kemudian endapan yang diperoleh dicuci dengan 12,5ml metanol [13].

#### 2. Pembuatan Silika-GPTMS-Sulfonat

Pada tahap kedua ini akan dilakukan pengikatan gugus sulfonat pada Silika-GPTMS dengan mereaksikan Silika-GPTMS dengan larutan garam  $C_{10}H_8NNaO_7S_2$  dalam larutan natrium bikarbonat ( $NaHCO_3$ ) 0,1 M lalu distirer selama 20 jam. Kemudian dipisahkan padatan yang dihasilkan dari filtratnya dan dicuci dengan aquades, aseton, dan dietil eter sebanyak masing-masing 15 mL [6].

#### 3. Adsorpsi dengan system batch

Pada tahap ketiga akan dilakukan adsorpsi sampel menggunakan adsorben Silika-GPTMS-Sulfonat dengan system batch. Dilakukan 2 jenis variasi yaitu variasi pH dan variasi waktu kontak.

#### Pengaruh pH

Larutan  $Mn^{2+}$  20ppm divariasikan pH-nya menjadi 2, 3, 4, 5 dan 6. Kemudian ditambahkan 0,1 g adsorben (Silika-GPTMS-Sulfonat). Kontakkan selama 60 menit dengan kecepatan 150 rpm. Sampel disaring untuk dimisahkan dari filtratnya.

#### Pengaruh Waktu Kontak

Larutan  $Mn^{2+}$  20ppm diatur pada pH optimum. Kemudian ditambahkan 0,1 g adsorben (Silika-GPTMS-Sulfonat). Variasikan waktu kontak mulai dari 15, 30, 45, 60 hingga 75 menit dengan kecepatan 150 rpm. Sampel disaring untuk diisahkan dari filtratnya.

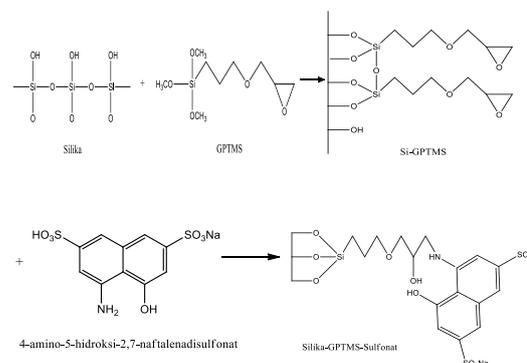
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Modifikasi Silika Gel

Penyerapan Silika terhadap ion logam dapat di tingkatkan dengan cara memodifikasi Silika. Pada penelitian ini, Silika dimodifikasi untuk menghasilkan Silika-sulfonat. Namun, dalam modifikasi Silika dengan gugus sulfonat diperlukan senyawa penghubung. Hal ini dikarenakan pengikatan suatu senyawa organik pada Silika tidak begitu efektif [6].

Silika gel direaksikan dengan GPTMS sebagai senyawa penghubung dan toluena sebagai pelarutnya. Larutan di stirrer pada suhu  $90^\circ$  selama 24 jam. Kemudian dicuci dengan metanol. Padatan yang didapat disebut Silika-GPTMS. Dalam reaksi antara Silika gel dengan GPTMS, proton pada gugus silanol dari Silika gel akan terlepas, sehingga O- pada Silika gel akan berikatan dengan Si pada GPTMS membentuk ikatan siloksan (Si-O-Si).

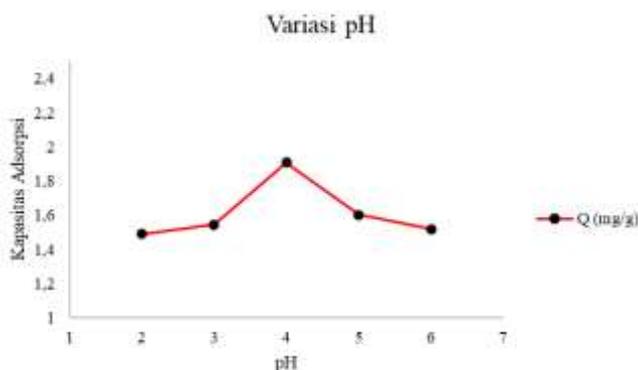
Setelah didapatkan Silika-GPTMS, garam sulfonat dapat direaksikan dengan Silika-GPTMS dalam larutan natrium bikarbonat. Larutan di stirrer selama 20 jam untuk memaksimalkan pengikatan gugus sulfonat pada permukaan Silika-GPTMS. Pada proses ini cincin dari gugus epoksi akan terbuka sehingga akan membentuk C parsial positif dan O yang bermuatan negatif. O- pada gugus epoksi akan menyerang salah satu proton pada gugus amina yang terdapat pada garam sulfonat, sehingga atom N pada gugus amina akan bermuatan negative dan berikatan dengan C parsial positif pada Silika-GPTMS [6]. Larutan yang didapat perlu dicuci menggunakan aquades, aseton dan dietil eter. Setelah dicuci dan di diamkan didalam desikator selama 24 jam, didapatkan Silika-GPTMS-Sulfonat. Berikut adalah reaksi yang terjadi selama proses modifikasi untuk mendapatkan Silika-GPTMS-Sulfonat:



Gambar 1. Reaksi selama proses modifikasi untuk mendapatkan Silika-GPTMS-Sulfonat.

### B. Pengaruh pH pada adsorpsi Ion $Mn^{2+}$

Variasi pH adsorbat dilakukan untuk melihat pengaruh pH terhadap penyerapan ion  $Mn^{2+}$  menggunakan adsorben Silika-GPTMS-sulfonat. Pada penelitian ini dilakukan variasi pH dimulai dari pH 2, 3, 4, 5 dan 6 dengan konsentrasi larutan 20 ppm dan waktu pengontakan selama 60 menit. Berikut grafik kapasitas penyerapan Silika-GPTMS-sulfonat terhadap ion  $Mn^{2+}$  dengan pengaruh pH:

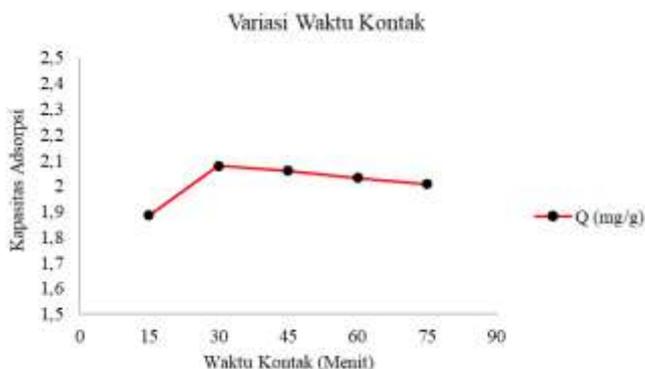


Gambar 2. Grafik pengaruh pH terhadap adsorpsi

Grafik pada Gambar 2 menunjukkan bahwa adsorpsi ion  $Mn^{2+}$  menggunakan adsorben Silika-GPTMS-sulfonat dapat terjadi secara optimal pada pH 4 dengan kapasitas penyerapan sebesar 1,908475 mg/g. Hal ini disebabkan pada pH yang rendah (pH 2) gugus sulfonat pada adsorben akan mengalami protonasi ion  $H^+$  sehingga kemampuan adsorpsi adsorben terhadap ion logam menjadi rendah. Sedangkan pada pH 3, gugus sulfonat yang sudah terprotonasi akan melepaskan ion  $H^+$  dan akan membantu muatan negative yang dapat mengadsorpsi ion logam lebih efektif dibandingkan pada pH 2. Pada pH 4, adsorpsi ion Mn menjadi efektif dibandingkan pada pH yang lainnya. Hal ini disebabkan pada pH 4 adsorben sudah memiliki banyak situs bermuatan negative dan diiring dengan ion Mn yang cenderung memiliki bentuk yang lebih dominan ( $Mn^{2+}$ ). Sedangkan pada pH 5 dan 6 terjadi penurunan kapasitas penyerapan adsorben terhadap ion Mn yang disebabkan oleh ion  $OH^-$  yang membuat ion Mn mulai membentuk hidroksidanya ( $Mn(OH)_2$ ) [14].

### C. Pengaruh Waktu Kontak pada adsorpsi Ion $Mn^{2+}$

Variasi waktu kontak dilakukan untuk menentukan waktu optimum yang dibutuhkan Silika-GPTMS-sulfonat dalam menyerap ion  $Mn^{2+}$ . Pada penelitian ini dilakukan variasi waktu kontak dimulai dari 15, 30, 45, 60 hingga 75 menit pada pH maksimum (pH 4) dan konsentrasi larutan 20 ppm. Berikut grafik pengaruh waktu kontak terhadap penyerapan ion  $Mn^{2+}$ .



Gambar 3. Grafik pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi.

Dari grafik pada gambar 3 didapatkan waktu optimum yang dibutuhkan adsorben untuk menyerap ion  $Mn^{2+}$  adalah 30 menit dengan kapasitas penyerapan 2,078425 mg/g. Pada waktu kontak 45 menit hingga 75 menit terjadi penurunan secara konstan yang berarti adsorpsi sudah mencapai kesetimbangannya. Penyerapan ion logam akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak hingga mencapai titik jenuh dan penyerapan akan cenderung konstan. Hal ini dikarenakan sisi aktif yang ada pada adsorben telah menyerap atau berikatan dengan ion logam telah mencapai kejenuhannya sehingga tidak terjadi penyerapan lagi [15].

## IV. KESIMPULAN

Kondisi optimum yang didapatkan pada pengaruh pH dan waktu kontak terhadap penyerapan ion  $Mn^{2+}$  menggunakan adsorben Silika-GPTMS-Sulfonat adalah pada pH 4 dan waktu kontak 30 menit.

## REFERENSI

- [1] Sugyanto H. K., Suyanti D. 2003. Kimia Anorganik Logam. Graha Ilmu
- [2] T. S. F. Giofany, . "Kajian Kandungan Logam Berat Mangan (Mn) Dan Nikel (Ni) Pada Sedimen Di Sekitar Pesisir Teluk Lampung," Unila, 2016.
- [3] J. S. Slamet, *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2007.
- [4] R. Bakri, T. Utari, And Dan Indra Puspita Sari, "Kaolin Sebagai Sumber Sio 2 Untuk Pembuatan Katalis Ni/Sio 2 : Karakterisasi Dan Uji Katalis Pada Hidrogenasi Benzena Menjadi Sikloheksana," 2008.
- [5] K. And W. T. Pyrzynska, "Analytical Sciences," Vol. 21, Pp. 951–954, 2005.
- [6] C. Azmiyawati, "Azmiyawati: Modifikasi Silika Gel Dengan Gugus Sulfonat Untuk Meningkatkan Kapasitas Adsorpsi Mg(Ii)," 2004.
- [7] P. K. Jal, S. Patel, And B. K. Mishra, "Chemical Modification Of Silica Surface By Immobilization Of Functional Groups For Extractive Concentration Of Metal Ions," *Talanta*, Vol. 62, No. 5, Pp. 1005–1028, Apr. 2004, Doi: 10.1016/J.Talanta.2003.10.028.
- [8] A. Amalia And E. Priyambodo, "Studi Faktor Ph Pada Adsorpsi Kation Ca(Ii) Oleh Silika Termodifikasi Sulfonat Ph Factor Study On Ca(Ii) Cation Adsorption By Sulfonate Modified Silica," 2015.
- [9] X. L. Jiang, L. W. Lim, And T. Takeuchi, "Determination Of Trace Inorganic Anions In Seawater Samples By Ion Chromatography Using Silica Columns Modified With Cetyltrimethylammonium Ion," *Anal Bioanal Chem*, Vol. 393, No. 1, Pp. 387–391, Jan. 2009, Doi: 10.1007/S00216-008-2351-Y.
- [10] Z. Wang, C. Ye, X. Wang, And J. Li, "Adsorption And Desorption Characteristics Of Imidazole-Modified Silica For Chromium(Vi)," *Appl Surf Sci*, Vol. 287, Pp. 232–241, 2013, Doi: 10.1016/J.Apsusc.2013.09.133.
- [11] R. P. Kardi, B. Etika, H. Sanjaya, And B. Oktavia, "Characterization Of Monolithic Column Methacrylate Polymer Based Modified By Diethylamine And Dimethylamine," *International Journal Of Scientific Research And Engineering Development*, Vol. 2, 2020, [Online]. Available: [www.ijred.com](http://www.ijred.com)
- [12] F. De Dardel And T. V. Arden, "Ion Exchangers," In *Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry*, Weinheim, Germany: Wiley-Vch Verlag Gmbh & Co. Kga, 2008. Doi: 10.1002/14356007.A14\_393.Pub2.
- [13] D. Kimia *Et Al.*, "Adsorpsi Anion Nitrat Menggunakan Silika Gel (Sio 2 ) Gptms Dimodifikasi Dengan Dimetilamina,"

*Chemistry Journal Of Universitas Negeri*, Vol. 11, 2022,  
Doi: 10.1016/0927.

- [14] R. Achmad, *Kimia Lingkungan*, Edisi 1. Yogyakarta: Andi Offset, 2004.
- [15] A. Kuraisy, "Pemanfaatan Biomassa Rhizoma Lamun *Thalassia Hemprichii* Yang Terdapat Di Pulau Barrang Lompo Sebagai Biosorben Ion Cu(Ii)." Unhas, Makassar, 2008.