

Optimasi Adsorpsi Ion Logam Ag⁺ Pada Silika Gel GPTMS Termodifikasi Gugus Sulfonat

Leonyta Anggraini Mardhatillah¹, Budhi Oktavia²

^{1,2}Program Studi Kimia, Universitas Negeri Padang
e-mail: leonytaanggraini.work@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kondisi optimum dan kapasitas penyerapan Silika-GPTMS termodifikasi sulfonat dalam mengadsorpsi ion Ag⁺ serta isoterm adsorpsinya. Proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan metode batch untuk proses adsorpsi dengan variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi. Hasil yang diperoleh sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan yang menunjukkan adsorpsi silika gel GPTMS termodifikasi sulfonat terhadap penyerapan ion logam Ag⁺ pada kondisi optimum pada pH 4, waktu kontak selama 30 menit. Kapasitas penyerapan sebelum modifikasi sebesar 0,7 mg/g pada persentase penyerapan 24%, sedangkan setelah modifikasi kapasitas penyerapan sebesar 1,58 mg/g pada persentase penyerapan 53,7%. Mekanisme adsorpsi ion logam perak menggunakan silika-GPTMS-sulfonat mengikuti persamaan isoterm Langmuir dengan nilai R² = 0,9646.

Kata kunci: *Adsorpsi, Perak, Silika Gel, GPTMS*

Abstract

The purpose of this study was to obtain the optimum conditions and sorption capacity of sulfonate-modified Silica-GPTMS in adsorbing Ag⁺ ions and its adsorption isotherm. The adsorption process was carried out using the batch method for the adsorption process with variations in pH, contact time, and concentration. The results obtained are in accordance with the research that has been done which shows the adsorption of sulfonate-modified GPTMS silica gel on the absorption of Ag⁺ metal ions at optimum conditions at pH 4, contact time for 30 minutes. The absorption capacity before modification was 0.7 mg/g at a percentage absorption of 24%, while after modification the absorption capacity was 1.58 mg/g at a percentage absorption of 53.7%. The adsorption mechanism of silver metal ions using silica-GPTMS-sulfonate follows the Langmuir isotherm equation with R² = 0.9646.

Keywords : *adsorption, silver, silica gel, GPTMS*

PENDAHULUAN

Perak atau Ag (Argentum) adalah sebuah logam yang berwarna putih, lunak, mengkilap. Ag merupakan suatu unsur nomor atom 47 dengan konduktivitas listrik dan panas paling tinggi dari seluruh logam (Landsdown, 2007).

Logam berat Ag bersifat toksik jika terus menerus terakumulasi oleh tubuh hingga menyebabkan gejala awal mulai dari pusing, mual, kram perut hingga dampak kronis seperti kerusakan pada organ jaringan ginjal, gangguan reproduksi, dan liver. Perak saat dikonsumsi oleh organ tubuh akan menimbulkan argyria (pigmentasi kelabu) secara permanen sebab tubuh tidak bisa membuang senyawa tersebut bersamaan dengan zat buangan (feses ataupun urin) (Sekarwati dkk, 2015).

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 fasa diam pada kromatografi lapis tipis (KLT) (R. Bakti dkk, 2008). 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. Kelebihan silika gel tersebut membuat bahan kimia ini juga bisa dimanfaatkan pada penyerapan logam menggunakan metode pertukaran ion (Pyrznyka, 2005).

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 (Azmiyawati, 2004).

Modifikasi pada permukaan silika gel bisa menggunakan cara immobilisasi yaitu dengan memanfaatkan gugus fungsional organik sehingga dapat mengikat ion logam berat (Mishra dkk, 2004). Modifikasi Silika dilakukan untuk meningkatkan daya adsorpsi silika terhadap ion logam dengan cara sisi aktif pada permukaan silika gel diperbanyak oleh gugus O^- . 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 (Amalia. A, 2015).

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 (Jiang, 2009). Pada tahun 2013, Wang et al berhasil menyerap ion krom dengan menggunakan Silika yang telah dimodifikasi dengan senyawa imidazol. 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 (Kardi dkk, 2020).

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 (Dardel, 2008). Metode Spektrometri Serapan Atom (SSA) digunakan pada penelitian ini untuk melihat efektivitas silika gel termodifikasi sulfonat dalam mengadsorpsi kation Ag^+ dalam berbagai variasi pH dan waktu kontak.

METODE

1. Pembuatan Silika-GPTMS

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

2. Pembuatan Silika-GPTMS-Sulfonat

Pada tahap kedua ini akan dilakukan pengikatan gugus sulfonat pada Silika-GPTMS dengan mereaksikan Silika- GPTMS dengan larutan garam $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{NNaO}_7\text{S}_2$ dalam larutan natrium bikarbonat (NaHCO_3) 0,1 M lalu distirrer selama 20 jam. Kemudian pisahkan padatan yang dihasilkan dari filtratnya dan dicuci dengan aquades, aseton, dan dietil eter sebanyak masing-masing 15 mL.

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.

a) Pengaruh pH

Larutan Ag^+ 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 memisahkan filtratnya.

b) Pengaruh Waktu Kontak

Larutan Ag^+ 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 memisahkan filtratnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Modifikasi Silika Gel

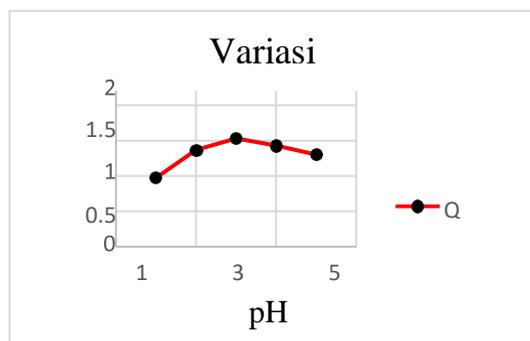
Penyerapan Silika terhadap ion logam dapat di tingkatkan dengan cara memodifikasi Silika. Pada penelitian ini, Silika dimodifikasi untuk menghasilkan Silika-sulfonat. Namun, dalam modifikasi Silika dengan gugus sulfonat diperlukan senyawa penghubung. Hal ini dikarenakan pengikatan suatu senyawa organik pada Silika tidak begitu efektif. Silika gel direaksikan dengan GPTMS sebagai senyawa penghubung dan toluena sebagai pelarutnya. Larutan di stirrer pada suhu 90° 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 negative. 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. 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.

A. *Pengaruh pH pada adsorpsi Ion Ag⁺*

Variasi pH adsorbat dilakukan untuk melihat pengaruh pH terhadap penyerapan ion Ag⁺ 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 Ag⁺ dengan pengaruh pH:



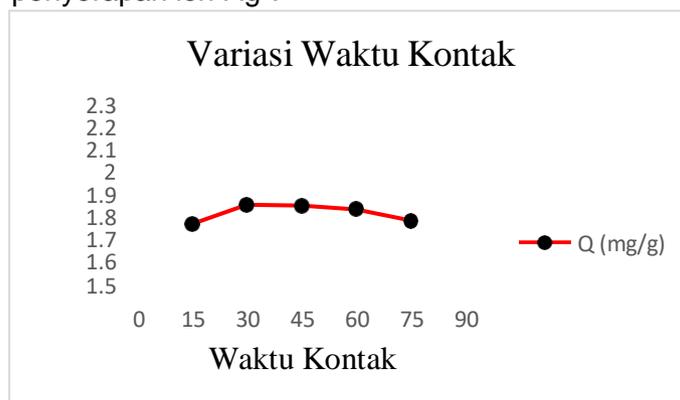
Gambar 1. Grafik pengaruh pH terhadap adsorpsi

Grafik pada Gambar 2 menunjukkan bahwa adsorpsi ion Ag⁺ menggunakan adsorben Silika-GPTMS-sulfonat dapat terjadi secara optimal pada pH 4 dengan kapasitas penyerapan sebesar 1,51 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 membantuk 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 Ag yang cenderung memiliki bentuk yang lebih dominan (Ag⁺). Sedangkan pada pH 5 dan 6 terjadi penurunan kapasitas

penyerapan adsorben terhadap ion Ag yang disebabkan oleh ion OH⁻ yang membuat ion Ag mulai membentuk hidroksidanya (AgOH).

C. Pengaruh Waktu Kontak pada adsorpsi Ion Ag⁺

Variasi waktu kontak dilakukan untuk menentukan waktu optimum yang dibutuhkan Silika-GPTMS-sulfonat dalam menyerap ion Ag⁺. 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 Ag⁺.



Gambar 2 Grafik pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi

Dari grafik pada gambar 3 didapatkan waktu optimum yang dibutuhkan adsorben untuk menyerap ion Ag⁺ adalah 30 menit dengan kapasitas penyerapan 1,87 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

SIMPULAN

Kondisi optimum yang didapatkan pada pengaruh pH dan waktu kontak terhadap penyerapan ion Ag⁺ menggunakan adsorben Silika-GPTMS-Sulfonat adalah pada pH 4 dan waktukontak 30 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Amalia And E. Priyambodo, "Studi Faktor Ph Pada Adsorpsi Kation Ca(li) Oleh Silika Termodifikasi Sulfonat Ph Factor Study On Ca(li) Cation Adsorption By Sulfonate Modified Silica," 2015.
- A. Kuraisy, "Pemanfaatan Biomassa Rhizoma Lamun Thallasia Hemprichii Yang Terdapat Di Pulau Barrang Lompo Sebagai Biosorben Ion Cu(li)," Unhas, Makassar, 2008.

- C. Azmiyawati, "Azmiyawati: Modifikasi Silika Gel Dengan Gugus Sulfonat Untuk Meningkatkan Kapasitas Adsorpsi Mg(li)," 2004.
- 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.
- F. De Dardel And T. V. Arden, "Ion Exchangers," In *Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry*, Weinheim, Germany: Wiley-Vch Verlag Gmbh & Co. Kгаа, 2008. Doi: 10.1002/14356007.A14_393.Pub2.
- K. And W. T. Pyrzynska, "Analytical Sciences," Vol. 21, Pp. 951–954, 2005.
- Lansdown, A. B. G. (2007). Critical Observations On The Neurotoxicity Of Silver. *Critical Reviews In Toxicology*, 37(3), 237– 250. <https://doi.org/10.1080/10408440601177665>
- Musfirah, M., & Ikaningrum, D. A. (2020). Risiko Paparan Ag (Perak) Akibat Konsumsi Air Sumur Pada Masyarakat Di Wilayah Kerajinan Perak Jagalan Bantul. *An-Nadaa: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(1), 48. <https://doi.org/10.31602/Ann.V7i1.3015>
- 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.
- R. Achmad, *Kimia Lingkungan*, Edisi 1. Yogyakarta: Andi Offset, 2004.
- 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.
- 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
- Sekarwati, N., Murachman, B., & Sunarto. (2015). Dampak Logam Berat Cu (Tembaga) Dan Ag (Perak) Pada Limbah Cair Industri Perak Terhadap Kualitas Air Sumur Dan Kesehatan Masyarakat Serta Upaya Pengendaliannya Di Kota Gede Yogyakarta. *Jurnal Ekosains*, Vii(1),13. <http://Pasca.Uns.Ac.Id/S2ilmulingkungan/WpContent/Uploads/Sites/25/2016/09/Publikasi-Novita.Pdf>
- 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.
- 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.