

Adsorpsi Ion Ca^{2+} Menggunakan Adsorben Silika GPTMS Termodifikasi Sulfonat

Reza Athia Putri, Budhi Oktavia*, Alizar, Hesty Parbuntari

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang, Indonesia

*budhioktavia@fmipa.unp.ac.id

Abstract — Silica is a metal oxide compound that is widespread in nature and is used as an adsorbent. Silica has the ability to adsorb ions because it has two groups of active sites that can be modified, namely siloxane (Si-O-Si) and silanol (Si-OH) groups. This change was made to increase the ability of silica to absorb ions, including metal ion Ca^{2+} . Silica modification was carried out by adding a bridging compound, namely glycidoxypropyltrimethoxysilane (GPTMS). The purpose of this study was to determine the optimal conditions of pH, contact time, and adsorption concentration of Ca^{2+} metal ions on sulfonate-modified GPTMS silica using a batch method. The adsorption filtrate was analyzed by atomic absorption spectrometry (AAS). The results showed that the ideal conditions for adsorption of Ca^{2+} metal ions by sulfonate-modified GPTMS silica occurred at pH 5, contact time of 60 minutes, and concentration of 20 ppm.

Keywords — Ca^{2+} metal ion, modification, silica, sulfonate

I. PENDAHULUAN

Silika adalah senyawa terbanyak setelah oksigen yang terdapat di bumi, dan mempunyai rumus kimia (SiO_2) [1]. Silika mempunyai struktur *amorf* (susunan atomnya tidak teratur. Silika dimanfaatkan untuk zat penyerapan, penopang katalis, dan pengering. Silika memiliki beberapa keunggulan luas permukaan spesifik, dan ketahanan yang tinggi terhadap panas. [2]. Material berpori yang dimiliki oleh silika dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi [3].

Silika dimanfaatkan untuk proses adsorpsi, karena mempunyai gugus siloksan (Si-O-Si) dan silanol (Si-OH) untuk berikatan dengan ion logam secara kimia [4]. Proses adsorpsi terjadi ketika molekul cairan menempel ke permukaan padatan. Adsorpsi merupakan suatu proses pengumpulan dari adsorbat diatas permukaan adsorben [5]. Keunggulan proses adsorpsi yaitu, efisiensinya tinggi, pengolahan relatif sederhana, dan tidak menimbulkan efek negatif pada lingkungan [6]. Proses adsorpsi pada silika gptms termodifikasi sulfonat dilakukan pada ion logam Ca (II).

Kalsium adalah logam yang berwarna putih perak dan melebur pada suhu 845°C [7]. Kekurangan ion-ion kalsium dalam tanah memiliki dampak negatif pada pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Tubuh manusia kekurangan kalsium dalam masa pertumbuhan memberikan dampak negatif, seperti tulang bengkok dan mudah rapuh [8]. Peningkatan proses adsorpsi pada ion logam perlu dilakukannya modifikasi di permukaan silika.

Silika mempunyai kelemahan sebagai adsorben karena rendahnya kemampuan gugus aktif di adsorben sebagai donor pasangan elektron sehingga efektivitas adsorpsi silika terhadap ion logam rendah dan ikatan ion logam di permukaan

silika akan lemah. Silika sebagai penopang padat stabil dalam keadaan asam [9]. Keberadaan gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) menguntungkan, karena terjadinya modifikasi dipermukaan silika gel untuk meningkatkan kemampuan proses adsorpsi. Modifikasi silika menggunakan senyawa garam mononatrium asam 4-amino-5-hidroksi-2,7-naftalenadisulfonat berfungsi untuk memperbanyak sisi aktif gugus O^- , sehingga daya adsorpsi silika dalam berinteraksi dengan ion logam meningkat [10].

Modifikasi silika merupakan faktor yang sangat penting untuk menghasilkan permukaan baru untuk digunakan sebagai adsorben ion logam [11]. Sebelum dilakukannya modifikasi pada permukaan silika dibutuhkan pereaksi silan lain yang berfungsi sebagai jembatan penghubung atau perantara. Senyawa penghubung *glisidoksi propil metoksilane* (GPTMS) yang digunakan dalam penelitian ini. Modifikasi silika akan berpengaruh terhadap proses adsorpsi [12]. Penelitian yang dilakukan oleh (Azmiyawati, 2004) dalam proses adsorpsi ion Mg (II) pada silika gel termodifikasi sulfonat memperoleh data kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi ion logam Mg (II) yaitu, Si-gel < Si-Ep < Si-Sulfonat.

Silika dimanfaatkan sebagai fasa diam dalam pemisahan senyawa di kromatografi kolom [13]. Resin penukar ion terbagi menjadi dua diantaranya resin penukar anion dan kation. Kemampuan kapasitas pada penukar ion dalam jumlah gugus aktif dari resin yang terikat, sehingga diperoleh kapasitas pertukaran ion semakin besar [14].

Penelitian ini dilakukan menggunakan adsorben silika untuk mengetahui kemampuan adsorpsi ion logam Ca^{2+} pada silika GPTMS termodifikasi sulfonat dan mengetahui kondisi optimum dari silika GPTMS termodifikasi sulfonat pada

variasi pH, waktu kontak dengan judul “Adsorpsi Ion Ca^{2+} Dengan Menggunakan Adsorben Silika GPTMS Termodifikasi Sulfonat”.

II. METODA PENELITIAN

A. Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian adalah labu ukur 1000 mL, gelas kimia 50 mL, erlenmeyer 50 mL, pipet tetes, kaca arloji, spatula, batang pengaduk, penjepit, pH meter, timbangan analitik, buret, statif dan klem, magnetic stirrer, kertas saring, shaker, dan desikator. Instrumen yang digunakan adalah FTIR (serial number 27533 dengan tipe Universal ATR Accessory), dan XRF (Epsilon-3).

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah *glycidoxypopyltrimethoxysilane* (sigma A), toluena (smart-lab), aseton (smart-lab), metanol (E. merck), *aquadest*, diethyl eter (smart-lab), silika gel (E. merck), natrium bikarbonat (E. merck), natrium tiosulfat (E. merck), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (E. merck), NaOH p.a, senyawa garam mononatrium asam 4-amino-5-hidroksi-2,7-naftalenadisulfonat, HCl p.a.

B. Prosedur Kerja

1. Pengaruh pH Adsorpsi Ca^{2+}

20 mL larutan Ca^{2+} 20 ppm dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 mL, selanjutnya variasikan pada pH 2; 3; 4; 5; dan 6 dan HCl (sebagai pengatur pH). Kemudian dikontakkan dengan silika GPTMS sulfonat sebanyak 0,1 gram dan diaduk dengan menggunakan *shaker* pada waktu 60 menit. Filtrat yang diperoleh dilakukan uji SSA.

2. Pengaruh Waktu Kontak Adsorpsi Ca^{2+}

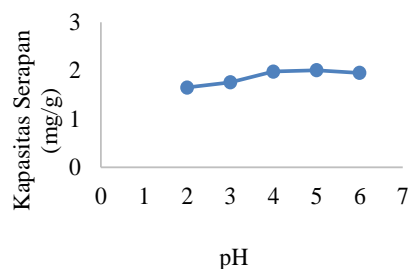
20 mL larutan Ca^{2+} dimasukkan kedalam erlenmeyer 50 mL dengan konsentrasi 20 ppm dan pH 5 yang diperoleh dan dikontakkan dengan silika GPTMS sulfonat sebanyak 0,1 gram. Lakukan variasi waktu kontak 15; 30; 45; 60 dan 75 menit di aduk dengan menggunakan *shaker*. Filtrat yang diperoleh dilakukan uji SSA.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Variasi pH Adsorpsi Ca^{2+} Pada Silika GPTMS Termodifikasi Sulfonat

Derajat keasaman dapat mempengaruhi suatu kondisi kemampuan dari gugus aktif atau sisi aktif yang terdapat pada adsorben. Dalam larutan terdapatnya ion H^+ ini sehingga akan terjadinya persaingan antara ion logam untuk mengikat sisi aktif dari adsorben. Variasi pH ini dilakukan dapat mengubah konsentrasi dalam larutan yang digunakan dalam adsorpsi [15]. Pada kondisi asam dalam larutan maka konsentrasi ion H^+ akan lebih besar dibandingkan dengan ion OH^- , sebaliknya dalam kondisi basa konsentrasi ion OH^- lebih besar dibandingkan dengan ion H^+ .

Penentuan pH optimum pada adsorpsi ion logam Ca^{2+} dapat dilakukan dengan variasi pH 2; 3; 4; 5; dan 6, massa adsorben sebanyak 0,1 gram. Pengaruh variasi pH pada ion logam Ca^{2+} dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Variasi pH Adsorpsi Ca^{2+}

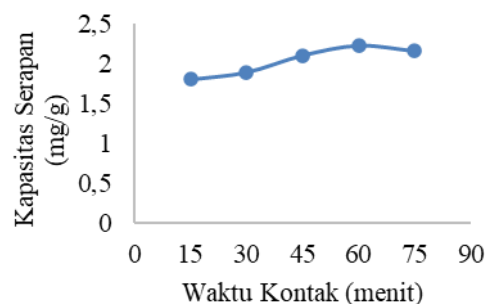
Berdasarkan Gambar 1. Dapat dilihat bahwa pada pH 2-5 terjadinya kenaikan, dan pH 6 mengalami penurunan. pH optimum didapatkan pada pH 5 dengan kapasitas serapan sebesar 2,0082 mg/g. Pada pH 2 (sangat asam) mempunyai kapasitas serapan paling kecil karena terjadinya protonasi. Kelimpahan ion H^+ dalam larutan akan berkompetisi dengan ion Ca^{2+} untuk berikatan di sisi aktif adsorben sehingga menurunkan kapasitas serapan.

Penurunan pada 6 terjadi dikarenakan melimpahnya ion OH^- , sehingga ion Ca^{2+} terhidrolisis membentuk endapan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Terbentuknya endapan pada larutan Ca^{2+} menyebabkan ion logam Ca^{2+} teradsorpsi menjadi sedikit, dan kapasitas serapannya menurun [16].

B. Pengaruh Variasi Waktu Kontak Adsorpsi Ca^{2+} Pada Silika GPTMS Termodifikasi Sulfonat

Waktu kontak merupakan waktu yang diperlukan adsorben untuk melakukan penyerapan pada ion Ca^{2+} . Waktu kontak adalah faktor yang penting dalam proses adsorpsi untuk tercapainya keadaan kestimbangan antara ion logam dengan adsorben diperlukannya rentang waktu. Interaksi antara adsorben dengan adsorbat semakin lama maka semakin maksimal penyerapannya [17].

Waktu kontak dilakukan dengan variasi waktu kontak 15; 30; 45; 60; dan 75 menit dengan pH 5 dan massa adsorben 0,1 gram. Pengaruh variasi waktu kontak adsorpsi ion logam Ca^{2+} terhadap silika GPTMS termodifikasi sulfonat terlihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Variasi Waktu Kontak Adsorpsi Ca^{2+}

Berdasarkan Gambar 2. waktu kontak 60 menit dengan pH 5 merupakan waktu kontak optimum adsorpsi ion logam Ca^{2+} pada silika GPTMS sulfonat dengan kapasitas serapan sebesar 2,22375 mg/g. Adsorben silika GPTMS sulfonat telah mengikat Ca^{2+} secara keseluruhan atau maksimal.

Rentang waktu kontak dari 15-40 menit terus terjadinya kenaikan, karena belum tercapainya kondisi kesetimbangan antara ion logam Ca^{2+} yang terserap oleh adsorben. Kesetimbangan waktu kontak belum terjadi disebabkan masih banyak sisi aktif dari adsorben yang belum mengikat ion Ca^{2+} , secara keseluruhan sehingga kapasitas serapan menjadi rendah atau proses adsorpsi belum maksimal [18].

Penurunan kapasitas serapan pada waktu kontak 75 menit disebabkan telah terjadinya kesetimbangan antar ion logam yang terserap dengan adsorben. Kesetimbangan terjadi dimana adsorben tidak dapat menyerap ion logam lebih banyak, maka kapasitas serapan semakin kecil [19].

IV. KESIMPULAN

Kondisi optimum pada variasi pH dan waktu kontak dalam adsorpsi ion logam Ca^{2+} dengan adsorben silika GPTMS termodifikasi sulfonat, di peroleh pH 5 kapasitas serapan sebesar 2,00825 mg/g, dan waktu kontak 60 menit kapasitas serapan 2,22375 mg/g.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D yang telah membantu pada penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Sumarno, P. N. T, M. Januarty, and Y. Yuniarti, "Pemurnian Pasir Silika dengan Metode Leaching Asam dan bantuan Sonikasi," *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. "Kejuangan"*, no. 2001, pp. 1-8, 2015.
- [2] Meriatna, L. Maulinda, M. Khalil, and Zulmiardi, "Pengaruh Temperatur Pengeringan dan Konsentrasi Asam Sitrat Pada Pembuatan Silika Gel Dari Sekam Padi," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 4, no. 1, pp. 78-88, 2015.
- [3] I. Sholikha, F. W. K., E. D. S. Utami, Listiyanti, and D. Widyaningsih, "Sintesis Dan Karakterisasi Silika Gel Dari Limbah Abu Sekam Padi (*Oryza Sativa*) Dengan Variasi Konsentrasi Pengasaman," *J. pelita*, no. 2, pp. 1-13, 2010.
- [4] Patel, "sintesis Silika Gel terimobilisasi dithizon melalui proses sol-gel," *J. Chem.*, vol. 5, no. 1, pp. 9-25, 2019.
- [5] A. Z. Abdi . M., H. Ambarita, T. B. Sitorus, F. H. Napitupulu, and A. P., "Pengujian Kemampuan Adsorpsi Dari Adsorben Alumina Aktif Untuk Mesin Pendingin Tenaga Surya," *J. Din.*, vol. 6, no. 1, p. 14, 2018, doi: 10.32734/dinamis.v6i1.7095.
- [6] R. Delarozza, "Adsorpsi logam berat menggunakan adsorben alami pada air limbah industri," p. 5, 2018.
- [7] P. Helena and B. Oktavia, "Formation Conditions of Calcium and Magnesium Metal Complexes With Oxin As Complexes Kondisi Pembentukan Kompleks Ion Logam Kalsium Dan Magnesium Dengan Oksin Sebagai Pengompleks," *Chem. J. State Univ. Padang*, vol. 8, no. 1, pp. 1-5, 2019.
- [8] N. L. Cicik Fitriani, D. Walanda, and N. Rahman, "Penentuan Kadar Kalium (K) Dan Kalsium (Ca) Dalam Labu Siam (*Sechium Edule*) Serta Pengaruh Tempat Tumbuhnya," *J. Akad. Kim.*, vol. 1, no. 4, p. 224128, 2012.
- [9] N. K. Weni and B. Oktavia, "Optimization of hexavalent chromium ion adsorption using natural silica modified with DMA (Dimethylamine) by batch method," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1788, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1788/1/012014.
- [10] E. Kurnia Sari, C. Azmiyawati, and T. Taslimah, "Modifikasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan γ -Glycidioxypropyltrimethoxysilane dan Mercaptobenzothiazole untuk Adsorpsi Logam Kadmium(II)," *J. Kim. Sains dan Apl.*, vol. 13, no. 3, pp. 71-75, 2010, doi: 10.14710/jksa.13.3.71-75.
- [11] S. A. Ahmed, "Optimization and application of solid phase extraction of Cu(II) from aqueous solutions using new environmentally friendly modification of silica gel," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 1713-1721, 2014, doi: 10.1016/j.jece.2014.06.011.
- [12] S. Sulastris and S. Kristianingrum, "Berbagai Macam Senyawa Silika : Sintesis, Karakterisasi dan Pemanfaatan," *Pros. Semin. Nas. Penelitian, Pendidik. dan Penerapan MIPA*, pp. 211-216, 2010.
- [13] K. Ramadani, "Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Limbah Kaca untuk Menurunkan Kesadahan Air," *Saintifik*, vol. 4, no. 2, pp. 179-185, 2018, doi: 10.31605/saintifik.v4i2.183.
- [14] A. Zainudin, A. Anggraeni, T. Sofyatin, and H. H. Bahti, "Pembuatan Resin Penukar Ion Polistiren Sulfonat," *J. Chim. Nat. Acta*, vol. 3, no. 1, pp. 1-4, 2015, doi: 10.24198/cna.v3.n1.9172.
- [15] I. Safrianti, "Adsorpsi Timbal (Ii) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH Dan Waktu Kontak," *J. Kim. Kinet.*, vol. 1, no. 1, pp. 44-48, 2012.
- [16] F. L. Setyawan, Darjito, and M. M. Khunur, "Pengaruh pH dan lama Kontak pada Adsorpsi Ca^{2+} Menggunakan Adsorben Kitin Terfosforilasi dari Limbah Cangkang Bekicot," *Kim. Student J.*, vol. 1, no. 2, pp. 201-207, 2013.
- [17] I. Yantiana, V. Amalia, and R. Fitriyani, "Adsorpsi Ion Logam Timbal(II) Menggunakan Mikrokapsul Ca-Alginat," *al-Kimiya*, vol. 5, no. 1, pp. 17-26, 2018, doi: 10.15575/ak.v5i1.3721.
- [18] F. Anggrenistia, N. Wahyuni, and T. A. Zaharah, "Adsorpsi Ion Logam Zn (II) Menggunakan Biomassa *Chlorella* sp. Yang Dimobilisasi Pada Silika Gel," *J. Kim. Khatulistiwa*, vol. 4, no. 3, pp. 94-99, 2015.
- [19] J. Kesumaningrum, N. Prasetya, and A. Suseno, "Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Adsorpsi Fenol dengan TiO_2 /Zeolit Artificial Berbahan Dasar Sekam," *J. Kim. Sains dan Apl.*, vol. 14, no. 1, pp. 26-31, 2011.