
PEMANFAATAN SILIKA MESOPORI MCM-48-NH₂ SEBAGAI ADSORBEN ION Cu²⁺

Andi Yanti Puspita Sari^a, Paulina Taba^a, Prastawa Budi^a

^aFakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar
Koresponden penulis : yhanti_chemist@yahoo.com

Abstrak

Ion Cu²⁺ merupakan unsur yang berbahaya jika terkontaminasi ke dalam lingkungan. Oleh karena itu, keberadaannya dalam lingkungan perairan harus dikurangi. Adsorpsi merupakan salah satu cara untuk mengurangi kandungan ion Cu²⁺ dalam larutan. Adsorpsi ion Cu²⁺ oleh MCM-48-NH₂ dipelajari dengan variasi waktu kontak, pH, dan konsentrasi dari Cu²⁺. Isotermal Langmuir dan Freundlich digunakan untuk mempelajari isotermal adsorpsi Cu²⁺ oleh MCM-48-NH₂. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi Cu²⁺ oleh MCM-48-NH₂ lebih sesuai dengan isotermal adsorpsi Langmuir. Nilai kapasitas adsorpsi Cu²⁺ oleh MCM-48-NH₂ adalah 0,52 mmol g⁻¹.

Kata Kunci : Adsorpsi, MCM-48-NH₂, Cu²⁺, isotermal

Abstract

Cu²⁺ ion is an element harmful if contaminated into the environment. Therefore, its presence in the aquatic environment must be reduced. Adsorption is one method to reduce the content of Cu²⁺ ion in solution. Adsorption of Cu²⁺ ion by MCM-48-NH₂ was studied with variation of contact time, pH, and concentration of Cu²⁺ ion. Langmuir and Freundlich models were used to study the adsorption isotherm of Cu²⁺ by MCM-48-NH₂. The result showed that adsorption of Cu²⁺ by MCM-48-NH₂ more suitable with Langmuir models. The adsorption capacity of Cu²⁺ by MCM-48-NH₂ was 0.52 mmol g⁻¹.

Keywords: Adsorption, MCM-48-NH₂, Cu²⁺, isothermal

PENDAHULUAN

Logam berat merupakan jenis pencemar yang sangat berbahaya di dalam sistem lingkungan hidup karena logam tersebut tidak dapat mengalami biodegradasi, toksik, dan dapat terakumulasi di dalam rantai makanan (Anis dan Gusrizal, 2006). Ion Cu²⁺, apabila terakumulasi dalam tubuh manusia dapat menyebabkan penyakit kulit, otak, pankreas, dan gangguan hati (Veli dan

Alyuz, 2007). Oleh karena itu, keberadaan ion tersebut dalam lingkungan perairan perlu dihilangkan atau dikurangi.

Beberapa teknik pemisahan seperti pertukaran ion, pengendapan, biosorpsi, dan adsorpsi telah digunakan untuk menghilangkan atau mengurangi ion logam berat dari larutan (Suhud dkk., 2012). Metode adsorpsi telah terbukti efektif untuk mengurangi konsentrasi ion logam di dalam larutan seperti yang dilaporkan beberapa peneliti, diantaranya

melalui penggunaan material mesopori. Material dengan pori-pori besar (material mesopori) menarik untuk digunakan sebagai adsorben karena selain ukuran pori yang lebih besar, luas permukaan material ini juga besar (Taba, 2001).

Salah satu material mesopori yang menarik perhatian banyak peneliti yaitu silika mesopori. Silika mesopori MCM-48 dengan saluran tiga dimensi memiliki potensi yang lebih besar untuk berbagai aplikasi dibandingkan dengan MCM-41 dan MCM-50 dengan saluran satu dimensi (Igarashi dkk., 2007; Elias dkk., 2010). Hal ini disebabkan oleh proses difusi yang cepat dari adsorbat ke dalam pori material ini dan kemampuannya untuk menghindari pemblokiran pori (Shim dkk., 2006).

Silika mesopori MCM-48 memiliki situs aktif yang berupa gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) (Jiang dkk., 2006). Kelemahan penggunaan silika sebagai adsorben adalah rendahnya selektivitas adsorpsi silika terhadap ion logam. Berbagai upaya telah dilakukan untuk memperbaiki kelemahan silika akibat ikatan langsung oksigen pada silikon, antara lain dengan memodifikasi permukaan silika menggunakan senyawa organik yang mengandung ligan yang secara khusus diharapkan berinteraksi dengan ion logam (Buhani dkk., 2013). Penelitian terdahulu yang menggunakan gugus amino (-NH₂) sebagai pemodifikasi telah dilakukan karena gugus tersebut dapat berinteraksi dengan semua jenis ion logam (Buhani dkk., 2009; Hao dkk., 2012). Adsorpsi ion Cu²⁺ oleh MCM-48-NH₂ dipelajari sebagai fungsi waktu, pH, dan konsentrasi. Proses desorpsi juga dipelajari untuk menarik kembali ion Cu²⁺ dari MCM-48-NH₂ yang digunakan.

Berdasarkan latar belakang di atas, telah dilakukan pemanfaatan silika mesopori MCM-48-NH₂ sebagai adsorben ion Cu²⁺.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah MCM-48-NH₂ Cu(NO₃)₂.3H₂O, HNO₃ 1 M, HCl 1 M, Na₂EDTA 1 M, akuabides, dan kertas saring Whatman-42.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas yang umum digunakan dalam laboratorium kimia, multistirrer, magnetik stirer, neraca analitik (Ohaus), neraca digital, dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Prosedur Penelitian

A. Penentuan Waktu Optimum Adsorpsi

MCM-48-NH₂ sebanyak 0,1 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 50 mL larutan ion Cu²⁺ 50 ppm. Campuran ion Cu²⁺ diaduk dengan variasi waktu pengadukan selama 100, 120, 140, 160, 180, 200, dan 220 menit. Absorbansi filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom.

B. Penentuan pH Optimum Adsorpsi

MCM-48-NH₂ sebanyak 0,1 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 50 mL larutan ion Cu²⁺ 50 ppm, kemudian campuran diaduk selama waktu optimum dengan variasi pH 2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Campuran tersebut disaring menggunakan kertas saring Whatman-42. Absorbansi filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom.

C. Penentuan Kapasitas Adsorpsi

MCM-48-NH₂ sebanyak 0,1 gram dimasukkan ke dalam 50 mL larutan ion Cu²⁺ dengan variasi konsentrasi 50, 100, 200, dan 400 ppm. Larutan kemudian

diaduk selama waktu dan pH optimum. Campuran tersebut disaring menggunakan kertas saring Whatman-42. Absorbansi filtrat kemudian diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Kapasitas adsorpsi dapat ditentukan dengan menggunakan isotermal adsorpsi. Model isotermal yang digunakan adalah model Langmuir dan Freundlich, dimana $\log \frac{x}{m}$ diplotkan terhadap $\log C$ untuk persamaan Freundlich atau C_e/q_e terhadap C_e untuk persamaan Langmuir. Dari *intercept* persamaan Langmuir diperoleh nilai k (parameter yang berhubungan dengan kapasitas adsorpsi) dan dari *slope* persamaan Langmuir dapat diperoleh nilai Q_0 yang berhubungan dengan kapasitas adsorpsi.

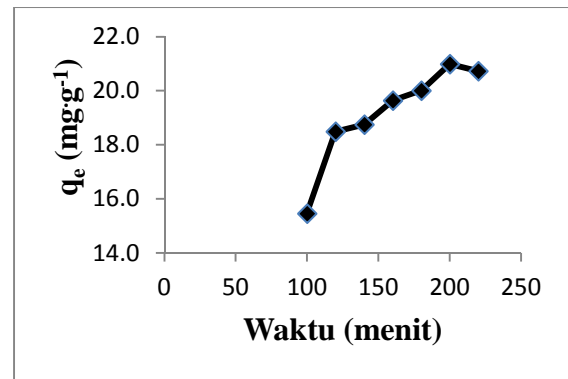
D. Desorpsi Ion Cu^{2+} dari MCM-48-NH₂

MCM-48-NH₂ yang telah dibuat kontak larutan Cu^{2+} 50 ppm, disaring kemudian dicuci dengan akuabides untuk menghilangkan residu dari Cu^{2+} pada permukaan. Selanjutnya, 0,1 gram MCM-48-NH₂ tersebut dimasukkan ke dalam gelas kimia yang masing-masing berisi 50 mL akuabides, HNO₃ 1 M, HCl 1 M, dan Na₂EDTA 1 M. Campuran selanjutnya diaduk dengan stirer dengan menggunakan waktu optimum. Filtrat kemudian dianalisis untuk menentukan konsentrasi Cu^{2+} setelah proses desorpsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Waktu Optimum Adsorpsi Ion Cu^{2+}

Jumlah ion Cu^{2+} yang diadsorpsi sebagai fungsi waktu kontak diberikan pada Gambar 1.

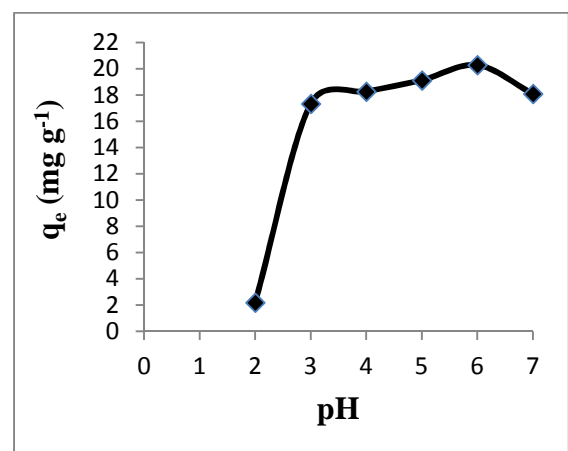


Gambar 1. Jumlah ion Cu^{2+} yang diadsorpsi (q_e) oleh MCM-48-NH₂ sebagai fungsi waktu adsorpsi (konsentrasi awal= 50 ppm)

Jumlah ion Cu^{2+} yang teradsorpsi mengalami peningkatan dari waktu kontak 100 menit hingga 200 menit. Namun setelah 220 menit, jumlah adsorbat yang diadsorpsi oleh MCM-48-NH₂ telah mengalami penurunan yang menunjukkan bahwa permukaan adsorben telah jenuh. Nilai adsorpsi terbesar untuk ion Cu^{2+} yaitu 20,99 mg/g dengan waktu kontak 200 menit. Waktu optimum adsorpsi ion Cu^{2+} oleh MCM-48-NH₂ adalah 200 menit.

B. pH Optimum Adsorpsi Ion Cu^{2+}

Pengaruh pH larutan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



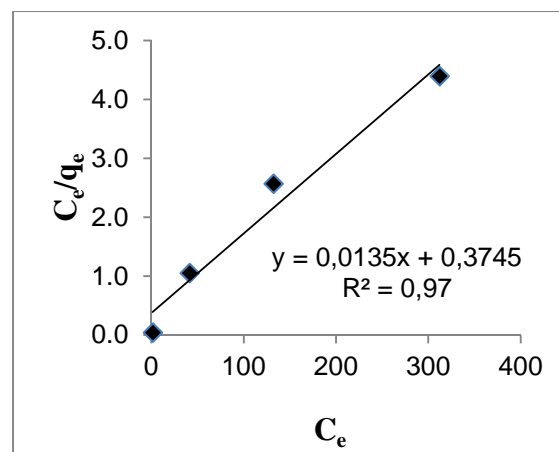
Gambar 2. Pengaruh pH terhadap adsorpsi ion Cu^{2+} oleh MCM-48-NH₂

Jumlah ion Cu^{2+} yang diadsorpsi oleh MCM-48-NH₂ meningkat dari pH 2 hingga pH 6 dan mengalami penurunan pada pH 7. Jumlah ion Cu^{2+} yang diadsorpsi pada pH 2 yaitu 2,19 mg g⁻¹, mengalami peningkatan hingga 20,27 mg g⁻¹ pada pH 6. Jumlah ion Cu^{2+} mengalami peningkatan seiring kenaikan nilai pH dan teradsorpsi maksimum pada pH 6. Hal ini disebabkan pada pH 6 gugus amino pada MCM-48-NH₂ berada dalam bentuk netral, sehingga dapat berfungsi sebagai donor pasangan elektron dan menghasilkan interaksi antara ion Cu^{2+} dengan situs aktif secara kovalen koordinasi.

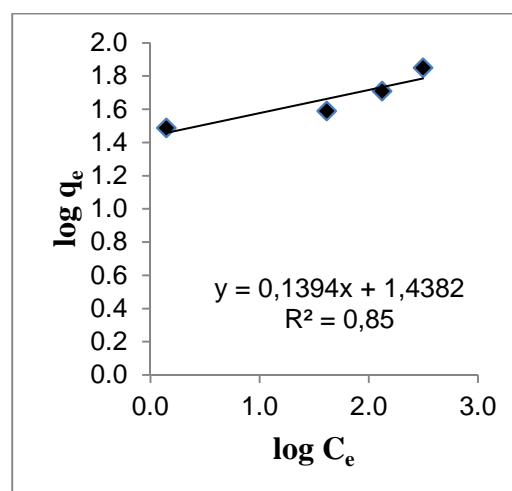
C. Kapasitas Adsorpsi Ion Cu^{2+}

Berdasarkan model isotermal Langmuir akan diperoleh kapasitas adsorpsi (Q_0), intensitas adsorpsi (b), dan nilai koefisien korelasi (R^2). Demikian pula pada model isotermal Freundlich akan diperoleh nilai kapasitas adsorpsi (k_f), intensitas adsorpsi (n), dan nilai koefisien korelasi (R^2).

Nilai koefisien korelasi (R^2) digunakan untuk menentukan model isotermal yang terbaik dalam proses adsorpsi. Model isotermal Langmuir dan Freundlich digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi Cu^{2+} oleh MCM-48-NH₂. Model isotermal Langmuir dibuat dengan menghubungkan kurva linier C_e/q_e terhadap C_e , sedangkan model isotermal Freundlich dibuat dengan menghubungkan kurva linier $\log q_e$ terhadap $\log C_e$. Model isotermal Langmuir dan Freundlich untuk adsorpsi Cu^{2+} oleh MCM-48-NH₂ ditunjukkan oleh Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Isotermal Langmuir Adsorpsi Ion Cu^{2+}



Gambar 4. Isotermal Freundlich Adsorpsi Ion Cu^{2+}

Berdasarkan persamaan isotermal Langmuir dan Freundlich yang diperoleh, nilai R^2 dari kedua persamaan lebih mendekati isotermal Langmuir. Jadi, adsorpsi Cu^{2+} oleh MCM-48-NH₂ lebih mengikuti isotermal Langmuir dengan nilai kapasitas adsorpsi yaitu 0,52 mmol g⁻¹.

Model isotermal Langmuir merupakan adsorpsi yang terjadi secara kimia karena adanya ikatan kimia antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia yang terjadi cukup kuat, maka ketika permukaan adsorben telah tertutupi adsorbat, adsorbat hanya teradsorpsi pada lapisan pertama atau satu lapisan (*monolayer*) meskipun dilakukan peningkatan suhu dan konsentrasi.

D. Desorpsi Ion Cu^{2+} dari MCM-48-NH₂

Untuk mengetahui agen pendesorpsi yang tepat untuk menarik kembali ion Cu^{2+} dari MCM-48-NH₂, maka digunakan beberapa larutan agen pendesorpsi yaitu akuabides, HNO₃ 1 M, HCl 1 M, dan Na₂EDTA 1 M. Agen pendesorpsi yang tepat ditentukan berdasarkan jumlah persen (%) ion Cu^{2+} yang terdesorpsi.

Hasil desorpsi masing-masing agen pendesorpsi yang digunakan yaitu H₂O (0,01%), HNO₃ 1 M (79,61%), HCl 1 M (85,52%), dan Na₂EDTA (57,27%). Agen pendesorpsi yang efektif digunakan untuk menarik kembali ion Cu^{2+} dari MCM-48-NH₂ adalah HCl 1 M.

KESIMPULAN

1. Kondisi optimum adsorpsi ion Cu^{2+} oleh MCM-48-NH₂ yaitu waktu optimum 200 menit pada pH 6.
2. Model isotermal yang sesuai untuk uji adsorpsivitas ion Cu^{2+} oleh MCM-48-NH₂ yaitu isotermal Langmuir dengan kapasitas adsorpsi 0,52 mmol g⁻¹.
3. Larutan pendesorpsi yang efektif digunakan untuk menarik kembali ion Cu^{2+} dari MCM-48-NH₂ adalah HCl 1 M dengan persen terdesorpsi yaitu 85,52%.

DAFTAR PUSTAKA

Anis, S., dan Gusrizal. 2006. Pengaruh pH dan Penentuan Kapasitas Adsorpsi Logam Berat pada Biomassa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Indo. J. Chem.* **6**(1): 56-60.

Buhani, Narsito, Nuryono, and Kunarti E. S. 2013. Chemical Stability of Cd(II) and Cu(II) Ionic Imprinted Amino-Silica Hybrid Material in Solution Media. *Eksakta* **13**(1-2): 1-10.

Buhani, Narsito, Nuryono, and Kunarti E. S. 2009. Hibrida Amino-Silika dan Merkpto-Silika sebagai Adsorben untuk Adsorpsi Ion Cd(II) dalam larutan. *Indo. J. Chem.* **9**(2): 170-176.

Elias, V. R., Oliva, M. I., Vaschetto, E. G., Urreta, S. E., Eimer, G. A., and Silvetti, S. P. 2010. Magnetic Properties of Iron Loaded MCM-48 Molecular Sieves. *J. Magn. Magn. Mater.* **322**: 3438-3442.

Hao, S., Zhong, Y., Pepe, F., and Zhu, W. 2012. Adsorption of Pb²⁺ and Cu²⁺ on Anionic Surfactant-Templated Amino-Functionalized Mesoporous Silicas. *Chem. Eng. J.* **189-190**: 160-167.

Igarashi, N., Hashimoto, K., and Tatsumi, T. 2007. Catalytical Studies on Trimethylsilylated Ti-MCM-41 and Ti-MCM-48 Materials. *Microporous Mesoporous Mater.* **104**: 269-280.

Jiang, N., Chang, X., Zheng, H., He, Q., and Hu, Z. 2006. Selective Solid-Phase Extraction of Nickel(II) Using a Surface-Imprinted Silica Gel Sorbent. *Anal. Chim. Acta* **577**: 225-231.

Shim, W. G., Lee, J. W., and Moon, H. 2006. Adsorption Equilibrium and Column Dynamics of VOCs on MCM-48 Depending on Pelletizing Pressure. *Microporous Mesoporous Mater.* **88**: 112-125.

Suhud, I., Tiwow, V. M. A., dan Hamzah, B. 2012. Adsorpsi Ion Kadmium(II) dari Larutannya Menggunakan Biomassa Akar dan Batang Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forks). *J. Akad. Kim.* **1**(4): 153-158.

Taba, P. 2001. *Mesoporous Solids as Adsorbent*. PhD Thesis. The University of New South Wales, Australia.

Veli, S., and Alyuz, B. 2007. Adsorption of Copper and Zinc from Aqueous Solution by Using Natural Clay. *J. Hazard. Mater.* **149**(1): 226-233.

MCM-48-NH₂ sebanyak

MCM-48-NH₂ sebanyak

MCM-48-NH₂ sebanyak