
Modifikasi Silika Mesopori MCM-48 dengan 3 Aminopropiltrimetoksisilan (3-APTMS) dan Uji Adsorpsivitasnya Terhadap Ion Pb²⁺

Andi Arwita Gau^a, Paulina Taba^b, Prastawa Budi^b

^aFakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar
Koresponden pebulis : arwitagaoe@yahoo.com

Abstrak

Penelitian modifikasi silika mesopori MCM-48 menggunakan senyawa 3-APTMS telah dilakukan. Hasil modifikasi MCM-48-NH₂ dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap ion logam berat. Adsorpsi ion Pb²⁺ oleh MCM-48-NH₂ dipelajari dengan variasi waktu, pH dan konsentrasi. Karakterisasi MCM-48 dan MCM-48-NH₂ menggunakan Difraksi Sinar-X (XRD), FT-IR dan SEM. Isotermal Langmuir dan Freundlich digunakan untuk mempelajari isotermal adsorpsi ion Pb²⁺. Proses desorpsi dilakukan untuk menarik kembali ion Pb²⁺ dari MCM-48-NH₂. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu dan pH optimum untuk ion Pb²⁺ yaitu 60 menit dan pH 3. Adsorpsi ion Pb²⁺ mengikuti model isotermal Langmuir dan kapasitas adsorpsi ion Pb²⁺ oleh MCM-48-NH₂ adalah 0,1261 mmol/g. Agen pendesorpsi yang sesuai untuk menarik kembali ion Pb²⁺ dari MCM-48-NH₂ adalah HCl.

Kata kunci : Adsorpsi, Pb²⁺, MCM-48, 3-APTMS, MCM-48-NH₂

Abstract

A research of silica mesoporous MCM-48 modified by using 3-APTMS has been conducted. Modification result of MCM-48-NH₂ can be used as adsorbent to adsorb heavy metal ion. Adsorption of Pb²⁺ ion by MCM-48-NH₂ was studied with variation of contact time, pH and concentration. X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infra Red (FTIR) were used to characterize MCM-48 and MCM-48-NH₂. Langmuir and Freundlich models were used to study the adsorption isotherm of Pb²⁺ by MCM-48-NH₂. Desorption process is conducted to pulling back of Pb²⁺ ion from MCM-48-NH₂. The result showed that the contact time and optimum pH are 60 minutes and at pH 3. Adsorption of Pb²⁺ following Langmuir model and adsorption capacity of Pb²⁺ ion by MCM-48-NH₂ is 0,1261 mmol/g. The suitable desorption agent to pulling back Pb²⁺ ion from MCM-48-NH₂ is HCl

Keyword : Adsorpsi, Pb²⁺, MCM-48, 3-APTMS, MCM-48-NH₂

PENDAHULUAN

Keberadaan timbal di lingkungan umumnya berasal dari polusi kendaraan bermotor, tambang timah, pabrik plastik, pabrik cat. Kadar maksimum timbal pada perairan yang dianjurkan WHO adalah kurang dari 0,01 ppm (Ensafi dan Shiraz, 2008). Sedangkan kadar maksimum

timbal dalam air minum menurut SNI 01-3553-2006 adalah 0,005 ppm. Akumulasi logam Pb dalam tubuh dapat mengakibatkan keracunan kronis (Darmayanti *et al.*, 2012). Adapun efeknya pada kesehatan manusia dapat menimbulkan kerusakan otak, kejang-

kejang, dan kematian (Freitas *et al.*, 2008; Paulino *et al.*, 2008).

Beberapa metode yang telah digunakan untuk memisahkan ion logam berat dalam air limbah adalah pertukaran ion, pengendapan, adsorpsi, serta proses membran. Adsorpsi adalah proses yang paling umum dan efektif untuk tujuan ini (Martines *et al.*, 2006). Metode adsorpsi memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah prosesnya yang relatif sederhana, efektifitas dan efesiensinya yang relatif tinggi, dapat diregenerasi serta efek samping yang dapat diminimalkan (Volesky *et al.*, 2005). Adsorben yang digunakan bisa bermacam-macam, bahan tersebut dapat mempunyai pori, ruang antar lapisan atau sisi aktif (Wahyuni *et al.*, 2009). Material pori diklasifikasikan menjadi tiga jenis berdasarkan diameter porinya yaitu, material mikropori, mesopori, dan makropori.

Silika mesopori dengan luas permukaan dan volume pori yang tinggi telah menarik perhatian sejak penemuan *molecular sieves mesopori* (M41S) oleh ilmuwan pada Mobil Oil Corporation (Beck *et al.*, 1992; Kresge *et al.*, 1992), M41S terdiri atas tiga jenis yaitu MCM-41, MCM-48 dan MCM-50. *Mobile Composition of Materials number 41* (MCM-41) tersusun atas padatan silika amorf dengan struktur pori yang teratur dan seragam serta berbentuk heksagonal dengan struktur seperti sarang lebah (Beck *et al.*, 1992; Matsumoto *et al.*, 1999), MCM-48 memiliki struktur pori kubik dan memperlihatkan saluran tiga dimensi, dan MCM-50 dengan struktur lamellar, tidak stabil dan mudah pecah pada proses kalsinasi suhu tinggi (Ciesla *et al.*, 1999; Corma, 1997; Biz *et al.*, 1998; Sayari, 1996).

MCM-48 memiliki gugus silanol bebas (-Si-OH) dan gugus siloksan (-Si-O-Si-) yang diketahui mampu mengadsorpsi ion logam berat (Purwaningsih, 2009). Tetapi kemampuannya untuk mengikat ion logam relatif kecil yang disebabkan oleh

rendahnya kemampuan oksigen pada gugus silanol dan siloksan sebagai donor pasangan elektron karena terikat langsung pada atom Si dalam struktur silika (Buhani *et al.*, 2009). Hal ini menyebabkan lemahnya ikatan ion logam pada permukaan silika. Untuk mengatasi hal ini, beberapa peneliti melakukan modifikasi pada silika dalam meningkatkan efektifitas adsorpsinya terhadap ion logam berat.

Modifikasi MCM-48 dapat dilakukan melalui proses sililasi dengan menggunakan senyawa silan seperti 3-aminopropiltrimetoksisilan (Ghorbani, *et al.*, 2013), *t*-butildimetilklorosilan (Taba, 2001), 3-merkaptotrimetoksisilan (Pongsendana, 2013), dan lainnya. Penambahan gugus fungsi pada permukaan material silika mampu menjadi pengompleks ion-ion logam berat.

Berdasarkan uraian di atas, maka modifikasi MCM-48 dengan gugus NH₂ akan dilakukan dengan menambahkan senyawa organik 3-APTMS dan digunakan untuk mengadsorpsi ion Pb²⁺. Dengan modifikasi ini, kapasitas adsorpsi ion logam tersebut diharapkan menjadi lebih besar. Adsorpsi ion logam dipengaruhi oleh waktu kontak, pH dan konsentrasi (Chen, *et al.*, 2011). Kapasitas adsorpsi ion Pb²⁺ oleh silika mesopori MCM-48 termodifikasi senyawa 3-APTMS, model isothermal adsorpsi diperoleh dengan menentukan jumlah ion yang diadsorpsi sebagai fungsi konsentrasi dan untuk mengetahui apakah adsorben dapat diregenerasi atau tidak, proses desorpsi akan dipelajari.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah setil trimetil amonium bromida (CTAB), Ludox HS40, Triton X-100, 3-aminopropiltrimetoksisilan (3-APTMS) (*Sigma-Aldrich*), bahan-bahan berkualitas analitik (Merck) seperti : Pb(NO₃)₂ p.a, HNO₃ p.a, NaOH p.a, HCl

p.a, asam asetat (CH_3COOH) p.a, toluena p.a, etanol p.a, Na_2EDTA , akuades, akuabides, kertas saring Whatman-42, dan kertas pH universal.

Alat

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas yang umum digunakan dalam laboratorium kimia, magnetik stirer, hotplate stirer, cawan porselin, termometer, neraca analitik (Ohaus), neraca digital, oven, pompa vakum, penyaring buchner, pH meter, SSA (Spektrofometer Serapan Atom), FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), XRD (*X-Ray Diffraction*), BET, dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

Sintesis Silika Mesopori MCM-48

Sintesis MCM-48 menggunakan metode Ryoo yang dimodifikasi oleh Taba (2001), sebagai berikut : sebanyak 14,3 gram larutan Ludox HS40 dicampur dengan 45,25 gram larutan NaOH 1 M. Campuran lalu dipanaskan sambil diaduk selama 2 jam pada suhu 80 °C. Campuran surfaktan dibuat dengan melarutkan 6,12 gram CTAB dan 1,34 gram Triton X-100 secara bersamaan dalam 83,47 gram akuades sambil dipanaskan. Setelah larutan sodium tetrasilikat dan larutan surfaktan dingin, kedua larutan dicampurkan dengan cepat dalam botol polipropilen. Botol langsung ditutup dan dikocok dengan kuat selama 15 menit. Campuran gel yang dihasilkan dipanaskan pada kondisi statis pada 100 °C selama 24 jam. Pada tahap ini, mesofase surfaktan silika dibentuk. Untuk menghindari pemisahan dari mesofase pada tahap awal pemanasan, botol yang berisi campuran sekali-sekali dikocok. Campuran reaksi kemudian didinginkan pada suhu kamar dan asam asetat 30% ditambahkan ke dalam campuran untuk mengatur pH hingga 10. Setelah pH mencapai 10, campuran dipanaskan lagi pada suhu 100 °C selama 24 jam kemudian didinginkan pada suhu kamar. MCM-48 yang telah terbentuk disaring, dicuci dengan akuades kemudian dikeringkan dalam oven pada

suhu 120 °C. Surfaktan dihilangkan dari produk berwarna putih melalui pencucian dengan campuran HCl-etanol. Satu gram MCM-48 dicuci dengan 25 mL HCl 0,1 M dalam larutan etanol 50% sambil diaduk selama 30 menit pada suhu kamar. Pencucian dilakukan sebanyak tiga kali kemudian campuran disaring, endapan dicuci dengan air suling dan dikeringkan pada suhu 105 °C. Selanjutnya silika mesopori MCM-48 dikarakterisasi menggunakan SEM, FTIR dan XRD.

Modifikasi Silika Mesopori MCM-48

Modifikasi silika mesopori dengan 3-APTMS menggunakan prosedur yang telah dilakukan oleh Johnson *et al.*, 2001 (Pirouzmand *et al.*, 2008), sebagai berikut : sebanyak 1 gram bubuk MCM-48 dilarutkan dalam 50 mL toluena dan diaduk dengan stirer selama 1 jam, kemudian ditambahkan dengan 1,3 gram senyawa 3-APTMS dan direfluks selama 2 jam. Produk yang dihasilkan kemudian dicuci dengan toluena, dan selanjutnya oleh kloroform beberapa kali, kemudian dikeringkan pada suhu ruangan sehingga akan dihasilkan bubuk putih yang diberi nama MCM-48-NH₂. Selanjutnya MCM-48-NH₂ ini dikarakterisasi dengan menggunakan SEM, FTIR dan XRD.

Penentuan Waktu Optimum Adsorpsi

MCM-48-NH₂ sebanyak 0,1 gram diinteraksikan dengan 50 mL larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 100 ppm, campuran diaduk dengan variasi waktu menggunakan multi stirer. Absorbansi filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom.

Penentuan pH Optimum Adsorpsi

MCM-48-NH₂ sebanyak 0,1 gram diinteraksikan dengan 50 mL larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 100 ppm, campuran diaduk selama waktu optimum dan variasi pH 2, 3, 4, 5, 6, 7 menggunakan multi stirer. Absorbansi filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom.. Penentuan pH optimum adsorpsi

adalah pH dimana konsentrasi teradsorpsi (C_{ads}) terbesar.

Penentuan Kapasitas Adsorpsi

MCM-48-NH₂ sebanyak 0,1 gram diinteraksikan dengan 50 mL larutan Pb(NO₃)₂ 100 ppm, campuran diaduk dengan waktu dan pH optimum dengan variasi konsentrasi 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm dan 600 ppm menggunakan multi stirer. Absorbansi filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Kapasitas adsorpsi dapat ditentukan dengan menggunakan isotermaal adsorpsi. Model isotermaal yang digunakan adalah model Langmuir dan Freundlich pada persamaan 1 dan 2.

Isotermaal Langmuir

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_o b} + \frac{C_e}{Q_o} \quad (1)$$

di mana q_e adalah efektivitas adsorpsi atau jumlah ion logam yang teradsorpsi per jumlah adsorben (mg adsorben/g adsorben), C_e adalah konsentrasi kesetimbangan adsorbat (mg adsorbat/L atau mmol/L), Q_o adalah kapasitas adsorpsi (mg adsorbat/g adsorben) dan b adalah intensitas adsorpsi L/mg.

Isotermaal Freundlich

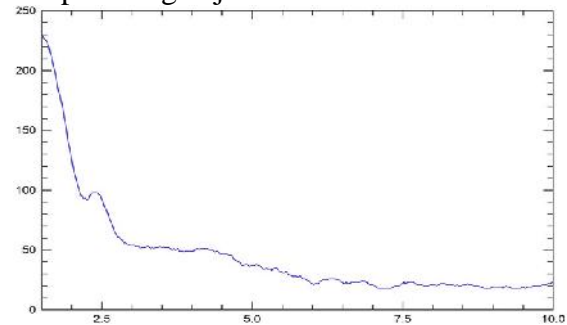
$$\log\left[\frac{x}{m}\right] = \log k + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2)$$

C_e merupakan konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (ppm), $\frac{x}{m}$ adalah massa adsorbat yang teradsorpsi per gram adsorben, k dan n adalah konstanta yang berhubungan dengan afinitas adsorpsi (Namasivayam, 2001).

Hasil dan Pembahasan

Pola difraksi sinar X menunjukkan adanya puncak 2 theta pada 2,4° serta beberapa puncak dengan intensitas yang rendah. Pada penelitian Taba, et al., (2001), pola difraksi sinar X MCM-48 menunjukkan adanya puncak 2 theta yang

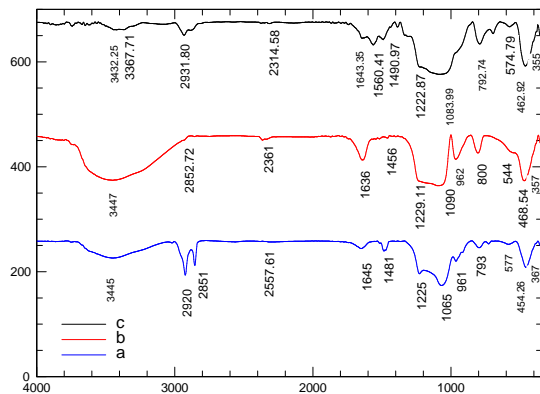
kuat pada 2,54° dan tujuh puncak lainnya dengan intensitas yang rendah. Pada penelitian ini, puncak-puncak yang tampak pada difraktogram memiliki intensitas yang jauh lebih rendah daripada penelitian sebelumnya dan beberapa puncak tidak tampak dengan jelas.



Perbedaan terjadi karena pengukuran yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya dimulai dari sudut 2 theta 0,8° sampai 10° sedangkan pengukuran ini dilakukan antara 1,5° sampai 10°. Hal ini disebabkan fasilitas untuk pengukuran pada sudut kecil yang tidak tersedia pada alat yang digunakan.

Penelitian selanjutnya dengan melakukan modifikasi MCM-48 dengan senyawa organik 3-APTMS, tetapi sebelum melakukan modifikasi terlebih dahulu surfaktan yang terdapat pada MCM-48 harus dihilangkan melalui pencucian dengan menggunakan HCl-etanol (HCl 0,1 M dalam etanol 50%).

Setelah proses pencucian untuk menghilangkan surfaktannya, MCM-48 dimodifikasi dengan menambahkan senyawa organik 3-APTMS sebagai penyumbang gugus NH₂ sehingga terbentuk hasil modifikasi MCM-48-NH₂. Keberhasilan proses pencucian dan modifikasi MCM-48-NH₂ dapat dilihat dari hasil karakterisasi menggunakan FTIR pada Gambar 2



Gambar 2. Spektrum FT-IR; a. MCM-48 sebelum pencucian; b. MCM-48 setelah pencucian dan c. MCM-48-NH₂

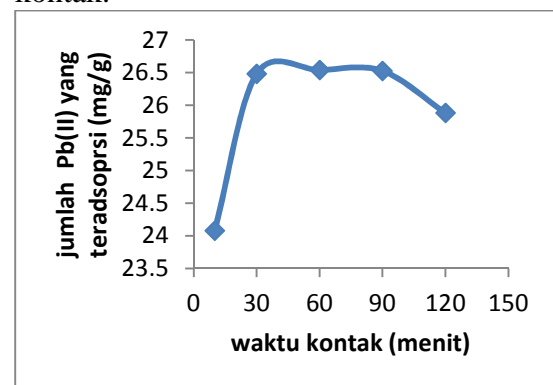
Dua daerah tertentu untuk molekul organik yang berasal dari surfaktan (CTAB) diamati pada spektrum MCM-48 sebelum pencucian (Gambar 5a); C-H tekuk (antara 2800 cm⁻¹ dan 3010 cm⁻¹) dan C-H renggang (antara 1300 cm⁻¹ dan 1500 cm⁻¹). Puncak yang lebar pada 3445 cm⁻¹ dan puncak pada 1645 cm⁻¹ juga diamati. Puncak-puncak ini merupakan kontribusi dari gugus hidroksil dan air yang teradsorpsi secara fisika oleh MCM-48. Puncak yang kuat pada 1225 cm⁻¹ dan 1065 cm⁻¹ dan puncak-puncak yang lemah pada 961 cm⁻¹ dan 793 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur Si-O dari kisi silikat. Setelah pencucian dengan HCl-etanol sebanyak 3 kali (Gambar 5b) puncak pada daerah serapan C-H ulur dan C-H tekuk hampir hilang. Hal ini menunjukkan bahwa hampir semua surfaktan telah hilang. Hal tersebut diperkuat oleh adanya pergeseran puncak pada 1225 cm⁻¹ dan 1065 cm⁻¹ yang bergeser ke bilangan gelombang yang lebih besar. Pergeseran puncak tersebut terjadi akibat adanya kontraksi kisi dengan hilangnya templat (surfaktan) seperti yang telah dilaporkan oleh Taba (2008).

Selanjutnya, keberhasilan modifikasi MCM-48 dengan gugus NH₂ dari senyawa 3-APTMS dapat dilihat dengan munculnya dua puncak dengan bilangan gelombang 3367.71 cm⁻¹ dan 3432.25 cm⁻¹. Adanya penambahan atau pengurangan puncak serapan dan pergeseran/perubahan energi vibrasi gugus

fungsi molekul yang ditandai dengan terjadinya pergeseran bilangan gelombang serta intensitas yang lebih tinggi atau lebih rendah dari sebelumnya menandakan terjadinya perubahan pada gugus fungsi tersebut (Kurniadi, 2010 dalam Suhartini, 2013).

Waktu optimum Adsorpsi Ion Pb²⁺ Oleh MCM-48-NH₂

Gambar (7) memperlihatkan jumlah ion Pb²⁺ yang teradsorpsi oleh MCM-48-NH₂ sebagai fungsi waktu kontak.



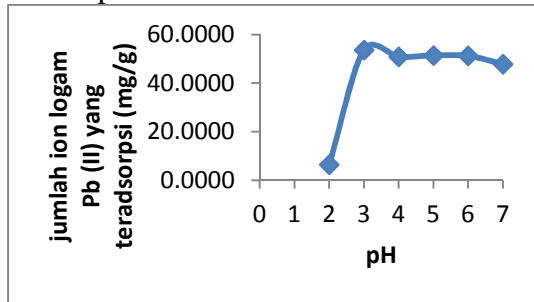
3. Jumlah ion Pb²⁺ yang diadsorpsi oleh MCM-48-NH₂ sebagai fungsi waktu

Gambar 3 memperlihatkan jumlah ion Pb²⁺ yang teradsorpsi oleh MCM-48-NH₂ sebagai fungsi waktu kontak. Kenaikan jumlah ion logam yang teradsorpsi cukup signifikan dari waktu kontak 10 menit dan 30 menit. Jumlah ion yang teradsorpsi tetap mengalami peningkatan hingga waktu kontak 60 menit tetapi peningkatan tidak besar yaitu 0,1281 mmol/g dan setelah itu jumlah ion yang teradsorpsi mengalami penurunan. Berdasarkan gambar tersebut, waktu optimum ion Pb²⁺ terjadi pada menit ke-60.

pH Optimum Adsorpsi ion Pb²⁺ oleh MCM-48-NH₂

Penentuan pH optimum dilakukan untuk mengetahui pH interaksi dimana adsorben MCM-48-NH₂ mengadsorpsi ion Pb²⁺ secara maksimum. Hasil penelitian tentang pengaruh pH terhadap ion Pb²⁺ yang teradsorpsi oleh MCM-48-NH₂ dapat

dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Jumlah ion Pb^{2+} yang diadsorpsi oleh MCM-48-NH₂ sebagai fungsi pH

Rendahnya jumlah ion logam yang teradsorpsi pada pH awal disebabkan oleh beberapa kemungkinan yaitu pertama, pada pH rendah yang terlalu rendah terjadi persaingan antara H^+ dengan Pb^{2+} untuk berinteraksi dengan situs aktif pada permukaan adsorben; kedua, pada pH rendah situs aktif yang ada pada permukaan adsorben dikelilingi oleh ion H^+ yang mencegah terjadinya interaksi antara ion logam timbal dengan situs aktif pada permukaan adsorben (Tumin, *et al.*, 2008 dalam Darmayanti, *et al.*, 2012). Pada pH 3 jumlah ion logam yang teradsorpsi sangat besar disebabkan oleh jumlah ion H^+ mulai berkurang, sehingga persaingan dengan H^+ berkurang dan pada permukaan adsorben situs aktifnya cenderung akan terionisasi dengan melepas ion H^+ dan permukaan adsorben menjadi negatif (Vasu, 2008 dalam Darmayanti, *et al.*, 2012), sehingga terjadi interaksi elektrostatis antara permukaan adsorben dengan ion logam Pb^{2+} .

Pada pH yang lebih tinggi (pH 4 - pH 7) terjadi penurunan adsorpsi ion logam, hal ini disebabkan karena pada pH tersebut timbal akan mengalami hidrolisis menjadi $PbOH^+$ (Ghazy dan Er-Morsy, 2009). Timbal terhidrolisis sehingga muatan positifnya menjadi +1, sehingga interaksinya dengan gugus NH₂ cenderung berkurang, dapat dilihat persamaan reaksi 3

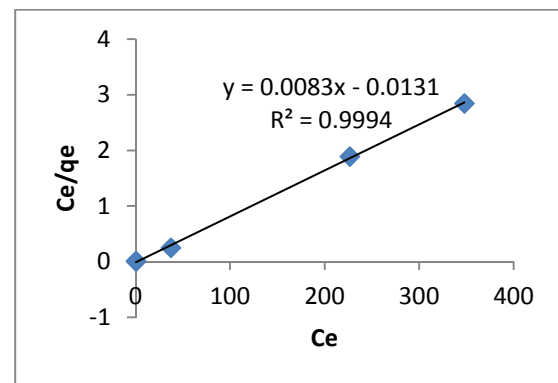


Kapasitas Adsorpsi Ion Pb^{2+} oleh

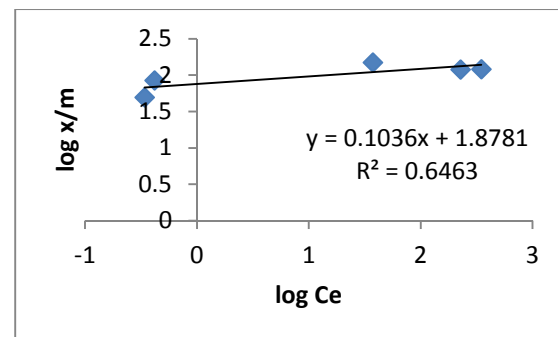
MCM-48-NH₂

Jumlah ion yang teradsorpsi meningkat dengan bertambahnya konsentrasi. Karena belum mencapai kejenuhan, maka jumlah ion yang teradsorpsi secara maksimum belum dapat ditentukan. Oleh karena itu, kapasitas adsorpsi ditentukan dengan menggunakan isotermal adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

Pola isotermal adsorpsi ion Pb^{2+} dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6



Gambar 5. Isotermal Langmuir adsorpsi ion Pb^{2+} oleh MCM-48-NH₂



Gambar 6. Isotermal Freundlich adsorpsi ion Pb^{2+} oleh MCM-48-NH₂

Berdasarkan nilai R^2 yang diperoleh pada gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa adsorpsi ion Pb^{2+} cenderung mengikuti model isotermal Langmuir dengan nilai R^2 mendekati nilai 1. Isotermal adsorpsi Langmuir berlaku untuk kesetimbangan adsorpsi yang diasumsikan sebagai adsorpsi lapisan satu (mono-layer) pada permukaan adsorben dengan jumlah terbatas dari bagian yang sama (Langmuir, 1918 dalam Sukarta, 2008).

Berdasarkan isoterma Langmuir, nilai kapasitas adsorpsi ion Pb^{2+} oleh MCM-48-NH₂ sebesar 0,1261 mmol/g, intensitas adsorpsi (b) sebesar 2,9237 L/mg.

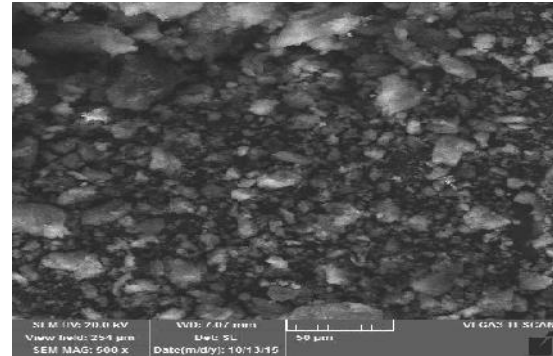
Desorpsi Ion Pb^{2+} dari MCM-48-NH₂

Untuk mengetahui agen pendesorpsi yang tepat untuk mengeluarkan ion Pb^{2+} dari adsorben MCM-48-NH₂, proses desorpsi menggunakan akuabides, Na₂EDTA 1M, HCl 1M dan HNO₃ 1M. Akuabides (H₂O) digunakan sebagai reagen pendesorpsi yang bersifat netral, HCl dan HNO₃ sebagai reagen pendesorpsi yang membuktikan terjadinya reaksi asam basa, sedangkan larutan Na₂EDTA merupakan ligan yang sangat kuat sehingga dapat membentuk kompleks dalam proses adsorpsi logam dengan ligan (Lesbani, 2001).

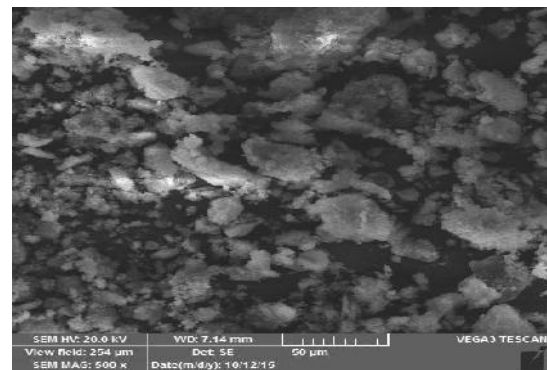
Berdasarkan persen desorpsi yang diperoleh, maka dapat dikatakan bahwa agen pendesorpsi yang sesuai untuk ion logam Pb^{2+} adalah HCl. Terlihat bahwa agen pendesorpsi yang sesuai untuk ion Pb^{2+} adalah larutan yang bersifat asam, hal ini disebabkan pada medium asam, gugus aktif yang terdapat pada adsorben menjadi terprotonasi dan tidak menarik ion yang bermuatan positif, sehingga terjadi pelepasan ion-ion logam ke dalam larutan agen pendesorpsi. Hal ini mengindikasikan bahwa mekanisme interaksi antara ion logam dan adsorben dominan melalui atraksi ionik sedangkan mekanisme interaksi yang terjadi melalui pembentukan kompleks sangat sedikit (Kratochvil, *et al.*, 2000 dalam Sudiarta, 2009).

Analisis SEM

Salah satu analisis atau pengukuran untuk melihat perbedaan bentuk permukaan adsorben sebelum dan setelah adsorpsi ion Pb^{2+} maka dilakukan karakterisasi menggunakan SEM.



Gambar 7. Hasil SEM MCM-48-NH₂



Gambar 8. Hasil SEM MCM-48-NH₂-Pb

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, waktu dan pH optimum adsorpsi ion Pb^{2+} oleh MCM-48-NH₂ adalah 60 menit dan pH 3. Adsorpsi ion Pb^{2+} oleh MCM-48-NH₂ mengikuti model isoterma Langmuir dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,1261 mmol/g. Agen pendesorpsi yang sesuai untuk ion Pb^{2+} adalah HCl.

Daftar Pustaka

- Adamson, A. W. 1990. Physical Chemistry of Surface 5th Edition. John Wiley and Son. New York
- Aldor, I. 2000. Desorption of Cadmium from Alga Adsorben. *Environ.Sci. Technol.* 24 : 220-228
- Barton, T. J., Bull, L. N., Klemperer, W. G., Loy, D. A., McCaney, B., Misono, M., Monson, P., Schere, G. W., Vartuli, C.,

- Yoghi, O. M. 1999. *Chem. Mater.* 11: 2633
- Beck, J. S., Vartuli, J. C., Roth, W. J., Leonowicz, M. E., Kresge, C. T., Schmitt, K. D., Chu, C. T. W., Olson, D. H., Sheppard, E. W., McCullen, S. B., Higgins, J. B., Schlenker, J. L. 1992. A New Family of Mesoporous Molecular Prepared With Liquid Crystal Templates. *J. Am. Chem. Soc.* 114 : 10834-10843
- Biz, S., and Occeci, M. L. 1998. Synthesis and Characterization of Mesostructured Materials. *Catal. Rev. Sci. Eng.* 40 :329
- Buhani., Narsito., Nuryono., Kunarti, E. S. 2009. Amino and Mercapto-Silica Hybrid for Cd (II) Adsorption In Aqueous Solution. *J. Indo. Chem.* 9 (2) : 170-176
- Ghorbani, F., Younesi, H., Mehraban, Z., Sabri Celik, M., Ghoreyshi, A. A., Anbia, M. 2013. Aqueous Cadmium Ions Removal by Adsorption on APTMS Grafted Mesopori Silica MCM-41 in Batch and Fixed Bed Column Processes. *Int. J. Eng.* 26 : 473-488
- Gulbranson, S. H., Hud, J. A., Hanen, R. C. 2000. Argyria Following The Use of Dietary Supplement Containing Colloidal Silver Protein. *Cutis.* 66 : 373-376
- Lesbani. 2001. Studi Interaksi Vanadium dan Nikel dengan Pasir Kuarsa. *J. Penelitian Sains.* 14 (4) : 40-46
- Namansivayam, C. 2001. Uptake of Dyes By A Promosing Locally Available Agriculture Solid Waste. *Waste Manage.* 21 : 381-387
- Nomanbhay, S.M., and Palanisamy, K. 2005. Removal Of Heavy Metal From Industrial Wastewater Using Chitosan Coated Oil Palm Shell Charcoal. *J. Elect. Biotechnol.* 8 : 43-53
- Oksana, O., Valentyn, A., Mietek, J. 2004. Benzoylthiourea-modified MCM-48 Mesoporous Silica for Mercury (II) Adsorption From Aqueous Solution. *Colloids Surf. Eng., A.* 236 : 69-72
- Ryoo, R., Joo, S.H., Kim, J.M. 1999. Synthesis of Highly Ordered Carbon Molecular Sieves Via Template-Mediated Structural. *J. Phys. Chem., B.* 103: 7743-7746
- Taba, P. 2001. Mesoporous Solid As Adsorbens. *PhD Thesis.* The University of New South Wales. Sidney
- Taba, P. 2008. Adsorben of Water and Benzene Vapour in Mesoporous Materials. *Makara Sains.* 12 (2) : 120-125