

Komparasi Daya Adsorpsi Silika Dari Abu Sekam Padi dan Ampas Tebu Terhadap Adsorpsi Pb²⁺

Hanandayu Widwiastuti^{*}, Riska Yudhistia Asworo¹

¹ Prodi Analisis Farmasi Makanan dan Minuman, Jurusan Gizi, Poltekkes Malang, Jl. Besar Ijen 77 C Malang 65119, Indonesia

^{*} Penulis Korespondensi. Email: hanandayu_widwiastuti@poltekkes-malang.ac.id

ABSTRAK

Logam berat merupakan polutan utama yang jumlahnya semakin meningkat seiring semakin meningkatnya kegiatan industri. Pb merupakan logam berat yang memiliki toksisitas tinggi apabila masuk ke dalam tubuh manusia. Hal ini ditunjukkan dengan nilai LD 50 Pb yaitu 500 mg/kg berat badan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001, konsentrasi maksimum Pb²⁺ yang diijinkan di perairan adalah 0,03 mg/L. Oleh karena itu, keberadaan Pb²⁺ di perairan perlu dikendalikan agar pencemaran di perairan dapat berkurang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas adsorpsi silika dari sekam padi dan ampas tebu terhadap adsorpsi Pb²⁺. Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi dari masing - masing adsorben untuk mengetahui gugus fungsi aktif pada ikatan yang terjadi. Kapasitas adsorpsi maksimum Pb(II) pada Si-sekam adalah 126 mg/g pada 0,6 g massa adsorben sedangkan kapasitas adsorpsi maksimum Pb(II) pada Si-tebu adalah 109,69 mg/g pada 0,8 g adsorben.

Kata Kunci:

Adsorpsi, silika, logam berat

Diterima:

05-04-2022

Disetujui:

31-05-2022

Online:

15-06-2022

ABSTRACT

Heavy metals are the main pollutants which numbers are increasing . PB is a heavy metal that has high toxicity when it enters the human body. This is indicated by the LD value of 50 Pb which is 500 mg / kg body weight. Based on Government Regulation No. 82 of 2001, the maximum permissible concentration of Pb²⁺ in waters is 0.03 mg / L. Therefore, the presence of Pb²⁺ in the waters needs to be controlled so that pollution in the waters can be reduced. The purpose of this study was to determine the silica adsorption capacity of rice husks and sugarcane bagasse against Pb²⁺ adsorption. In this study the characterization of each adsorbent was carried out to determine the active functional groups in the bonds that occur. The maximum adsorption capacity of Pb (II) in Si-husk is 126 mg / g at 0.6 g of mass of the adsorbent while the maximum adsorption capacity of Pb (II) in Si-sugarcane is 109.69 mg / g at 0.8 g of adsorbent.

Copyright © 2022 Jsscr. All rights reserved.

Keywords:

Adsorption, Silica, Heavy metals

Received:

2022 -04-05

Accepted:

2022 -05-31

Online:

2022-06-15

1. Pendahuluan

Logam berat telah banyak mencemari lingkungan dan akhir – akhir ini kasus keracunan logam berat semakin meningkat jumlahnya. Pencemaran lingkungan akibat logam berat dapat terjadi akibat semakin meningkatnya industri / pabrik yang tidak memperhatikan keselamatan lingkungan. Sumber utama kontaminan logam berat yang membahayakan manusia adalah melalui udara dan air yang mencemari tanah. Air yang tercemar logam berat apabila digunakan di bidang pertanian maupun peternakan akan meracuni tanaman maupun ternak dan akibatnya akan terjadi akumulasi logam berat pada makhluk hidup tersebut. Apabila tanaman dan ternak tersebut dikonsumsi oleh manusia maka akumulasi logam berat tertinggi akan berada pada tubuh manusia sehingga semakin meningkatkan risiko keracunan atau bahaya logam berat pada tubuh manusia itu sendiri. Contoh logam berat yang berbahaya bagi manusia namun banyak digunakan di bidang industri adalah timbal (Pb) [1].

Timbal merupakan logam berat yang memiliki toksisitas tinggi apabila masuk ke dalam tubuh manusia. Hal ini ditunjukkan dengan nilai LD 50 Pb yaitu 500 mg/kg berat badan. Akumulasi Pb(II) dalam tubuh dapat menyebabkan kerusakan hati, gagal ginjal, kerusakan otak, kerusakan pada otot, iritasi, dan gangguan pada sistem saraf [2]. Pada tahun 2011, muncul kasus keracunan timbal di China yaitu sekitar 24 anak sekolah dibawa ke rumah sakit karena keracunan dan pihak rumah sakit menyatakan bahwa anak – anak tersebut keracunan timbal diduga karena anak – anak tersebut berasal dari pemukiman yang berada di dekat pabrik baterai [3]. O'flaherty juga menyatakan bahwa 90% timbal dalam tubuh manusia dewasa berada pada tulang namun juga berpengaruh terhadap ginjal, sistem saraf pusat dan peripherali, dan sistem hematopoietic.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001, konsentrasi maksimum Pb(II) yang diijinkan di perairan adalah 0,03 ppm. Oleh karena itu, keberadaan Pb(II) di perairan perlu dikendalikan agar pencemaran di perairan dapat berkurang. Namun, kecilnya konsentrasi Pb(II) di perairan menyebabkan Pb(II) sulit diukur. Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang dapat mengatasi kendala pengukuran tersebut. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengurangi kadar Pb(II) adalah dengan menggunakan prinsip adsorpsi. Adsorpsi fisik terjadi akibat adanya gaya van der Waals dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben. Adsorpsi kimia yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat larut dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik [4].

Adsorben yang banyak digunakan untuk adsorpsi Pb(II) adalah karbon aktif, zeolit, dan silika. Luas permukaan adsorben sangat berpengaruh terutama untuk tersedianya tempat adsorpsi. Semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak adsorbat yang terserap [5]. Ukuran molekul adsorbat menentukan batas kemampuannya melewati ukuran adsorben. Kecepatan adsorpsi menurun seiring dengan kenaikan ukuran partikel, berat partikel dan kompleksitas struktur [6].

Adsorben yang banyak digunakan untuk ekstraksi logam berat adalah karbon aktif, zeolit, dan silika. Adsorpsi Cd(II) dan Zn(II) dilakukan menggunakan karbon aktif yang diderivasi dari bagasse dan hasilnya menunjukkan bahwa adsorpsi Cd(II) dan Zn(II) sangat rendah pada pH 2.0 namun meningkat 90% - 95% pada pH 4.0 - 6.0 [7]. Srivastava, et. al. [8] mempelajari proses adsorpsi Cd(II) dan Zn(II) menggunakan abu

sekam padi. Penelitian menunjukkan bahwa pH optimum adsorpsi ion Cd(II) dan Zn(II) adalah pH 6.0. Distribusi berbagai spesies Pb^{2+} yang terbentuk sangat bergantung pH larutan. Bila garam Pb dilarutkan dalam air akan terjadi reaksi hidrolisis dengan melepaskan beberapa H^+ pada pH tertentu [9].

Penelitian yang dilakukan Tangjuank, dkk [10] menunjukkan bahwa karbon aktif yang dibuat dari kulit kacang mete dapat digunakan sebagai adsorben ion Pb^{2+} dan Cd^{2+} , yaitu dengan dengan efisiensi sebesar 98,87%. Penelitian lain menyebutkan bahwa Agustiningtyas [11] melakukan adsorpsi Pb^{2+} menggunakan zeolit yang dimodifikasi menggunakan ditizon. Adsorpsi Pb^{2+} menggunakan zeolit tersebut mencapai 90% pada kondisi pH 6. Salah satu sumber silika di alam yang sangat potensial adalah dari sekam padi dan tebu. Kedua tanaman tersebut merupakan sumber silika peringkat satu dan dua terbanyak di alam. Abu sekam padi memiliki kandungan silika sebesar 86,9% - 97,3% [12] sedangkan sedangkan abu ampas tebu memiliki kadar silika sebesar 71% [13].

Pada penelitian ini, akan dibandingkan daya adsorpsi silika dari abu sekam padi dan ampas tebu terhadap adsorpsi Pb(II). Kapasitas tukar kation pada masing - masing adsorben akan diteliti untuk mengetahui kemampuan ikatan silika dengan ion logam dan juga untuk mengetahui seberapa mudah ion terikat dapat tertukar. Karakterisasi kedua adsorben dilakukan dengan analisis gugus aktif menggunakan instrument FT-IR. Kapasitas adsorpsi dan recovery akan dianalisis dengan mengukur absorbansi larutan rendemen menggunakan instrumen AAS.

2. Metode

Jenis penelitian ini adalah eksperimental. Variabel bebas pada penelitian ini adalah massa adsorben silika abu sekam padi dan ampas tebu sedangkan variabel terikatnya adalah kapasitas adsorpsi pada adsorben.

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sekam padi, ampas tebu, HCl 37% (Merck), NaOH (Merck), NaCl (Merck), HNO_3 pekat (Merck), $Pb(NO_3)_2$ (Merck), dan akuades.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Spektrofotometer Serapan Atom Shimadzu AA-6800 (SSA), pemanas listrik (GOPAL), FT - IR PANalytical Tipe X'Pert3 Powder, SEM FEI Tipe : Quanta FEG 650, pengocok listrik (Orbital), tanur (Thermo Scientific), oven (Memmert UN30), desikator, neraca analitik (Radwag), kertas saring, pH meter (Benchtop), indikator universal, dan peralatan gelas.

Preparasi Sekam Padi dan Ampas Tebu

Sekam padi yang telah dicuci bersih ditimbang sebanyak 100 g kemudian diabukan selama 5 jam pada suhu $900^{\circ}C$, dilanjutkan dengan proses pemurnian silika melalui pencucian abu sekam padi menggunakan 100 ml HCl 6 M dan dipanaskan dengan hot plate selama 2 jam. Hasil destruksi dicuci dengan akuades sampai pH netral, dipanaskan $85^{\circ}C$ selama 1 jam, kemudian didinginkan, dihaluskan menggunakan alu-mortar, lalu diayak menggunakan ayakan 120 mesh. Sekam padi yang digunakan adalah sekam padi yang lolos ayakan. Hal yang sama dilakukan pada Ampas Tebu.

Kedua adsorben masing - masing kemudian ditimbang sebanyak 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 g kemudian ditambah 20 ml larutan Pb(II) 100 mg/L pH 5 (diatur menggunakan

HNO₃ 1M). Campuran dikocok selama 2 jam dengan kecepatan 100 rpm kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya menggunakan SSA.

Penentuan Massa Pb²⁺ Teradsorpsi

Adsorben yang telah digunakan untuk adsorpsi dikeringkan pada temperatur 105°C hingga berat konstan. Adsorben tersebut kemudian masing – masing ditambah 20 ml HNO₃ 1M dan dikocok selama 2 jam dengan kecepatan 100 rpm. Campuran disaring, filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya menggunakan SSA.

Jumlah Pb(II) yang teradsorpsi oleh adsorben silika dari ampas tebu dihitung dengan rumus ;

$$q = \frac{(C - C_e)V}{W}$$

Keterangan :

V = volume larutan (mL)

W = massa adsorben (g)

C = kons. larutan sebelum adsorpsi (mg/L)

C_e = kons. larutan setelah adsorpsi (mg/L)

Konsentrasi Pb(II) dalam larutan dapat dihitung dengan menggunakan kurva standar yang dimiliki sesuai dengan Hukum Lambert – Beer, yaitu :

$$A = a \cdot b \cdot C$$

Keterangan :

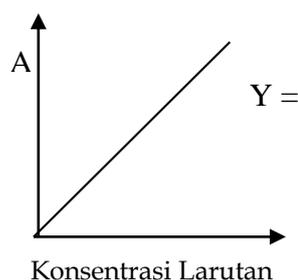
A = absorbansi larutan

a = absorptivitas

b = tebal cuvet (cm)

C = konsentrasi larutan (mg/L)

Kurva standar Pb(II) dibuat dengan mengukur absorbansi dari masing – masing larutan standar sehingga dapat dibuat kurva seperti Gambar 1.



Keterangan :

Y = absorbansi larutan

a = slope

X = konsentrasi larutan (mg/L)

Gambar 1. Hubungan Linier Kurva Kalibrasi antara Absorbansi dan Konsentrasi Pb(II)

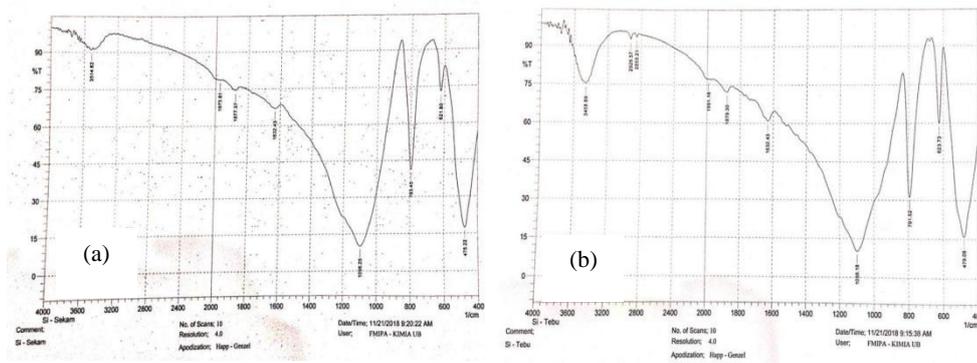
% Pb(II) teradsorpsi dapat dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ Pb(II) teradsorpsi} = \frac{\text{massa Pb(II) teradsorpsi}}{\text{massa Pb(II) awal}} \times 100\%$$

3. Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Silika Abu Sekam Padi dan Ampas Tebu

Karakterisasi adsorben silika abu sekam padi dan ampas tebu dilakukan dengan menganalisis gugus fungsi pada adsorben menggunakan FT-IR. Dengan mengetahui gugus fungsi aktif pada adsorben maka dapat mempermudah dalam proses analisis kemungkinan ikatan yang terjadi antara adsorben dengan logam berat Pb^{2+} . Selain itu, dapat dibandingkan pula jumlah gugus fungsi aktif yang bekerja pada masing - masing adsorben. Hasil yang didapat ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Spektra FT-IR (a) Silika Sekam Padi dan (b) Silika Ampas Tebu

Adsorben silika diperoleh dua sumber silika terbesar, yaitu sekam padi dan tebu. Untuk mendapatkan silika murni tersebut maka sekam padi dan ampas tebu tersebut didestruksi dengan menggunakan HCl 6M. Senyawa ini digunakan dalam proses pemurnian dalam kondisi asam, HCl akan menghilangkan oksida - oksida logam dan non logam dalam abu karena HCl yang diberikan akan mengikat oksida logam yaitu Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , P_2O_5 , dan MnO menjadi kloridanya dan oksida non logam kecuali silika diubah menjadi asamnya [14].

Adsorben yang telah diperoleh dari hasil destruksi dikarakterisasi untuk mengetahui karakter fisik adsorben yang diperoleh. Berdasarkan data ini dapat dianalisis perbedaan antara kedua adsorben yang mungkin ada dan berpengaruh terhadap kemampuannya bertindak sebagai adsorben. Karakterisasi adsorben dilakukan dengan menganalisis gugus fungsi aktif pada adsorben tersebut. Gambar 2 menunjukkan spektra gugus fungsi aktif adsorben Si-sekam dan Si-tebu.

Pada Gambar 2 dapat diamati bahwa spektra adsorben Si-sekam dan Si-tebu memiliki spektra yang hampir sama. Titik serapan yang membedakan antara keduanya adalah intensitas serapan yang muncul pada rentang 3200 - 3600 cm^{-1} . Munculnya serapan pada rentang bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya gugus -OH. Gugus ini dimungkinkan berasal dari banyaknya ikatan -OH yang muncul pada saat proses pembentukan adsorben silika. Menurut Jal, et. al. [15], struktur permukaan silika berupa gugus siloksan (Si-O-Si) dengan atom oksigen berada pada permukaan, atau dapat muncul beberapa bentuk gugus silanol (Si-OH). Dengan memperhatikan spektra yang muncul pada Gambar 2 maka diperkirakan telah muncul gugus silanol pada permukaan kedua adsorben tersebut. Gambar 2 (b) menunjukkan bahwa intensitas serapan -OH pada spektra Si-tebu lebih besar dan tajam. Hal ini dapat diinterpretasikan

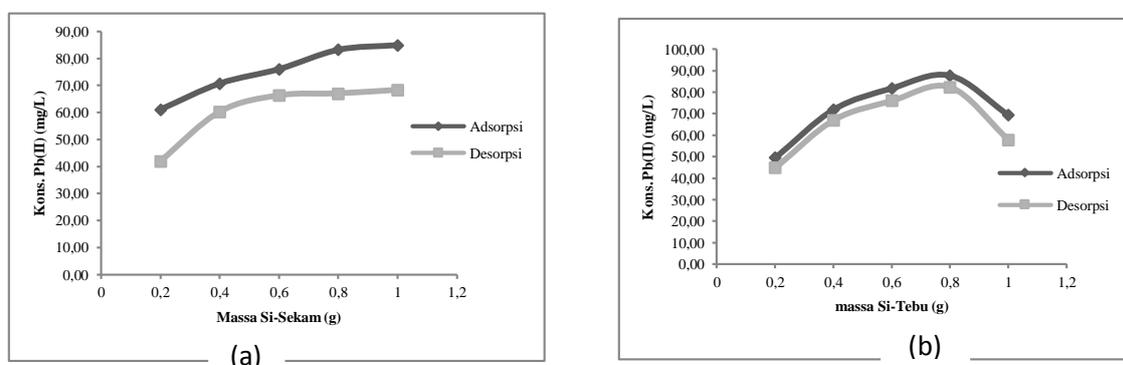
sebagai banyaknya gugus silanol yang terbentuk pada permukaan adsorben Si-tebu. Bila dibandingkan antara spektra (a) dan (b) pada Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa gugus silanol -OH lebih banyak terbentuk pada adsorben Si-tebu dibandingkan dengan Si-sekam. Apabila jumlah gugus -OH semakin banyak maka dimungkinkan pula bahwa daya adsorpsi Si-tebu lebih besar dibandingkan dengan daya adsorpsi Si-silika.

Karakterisasi adsorben berikutnya adalah dengan melihat struktur fisik permukaan dari adsorben. Struktur fisik ini meliputi jari - jari pori, diameter pori, dan kedalaman pori. Dengan memperhatikan data tersebut maka dapat diperkirakan kemungkinan terjadinya pemerangkapan ion logam secara fisik pada permukaan adsorben. Selain itu, dapat pula diperkirakan seberapa kuat proses adsorpsi yang terjadi dengan membandingkan data tersebut dengan ukuran jari - jari ion Pb(II).

Kapasitas Adsorpsi Pb²⁺ pada Silika Sekam Padi dan Ampas Tebu

Pada tahapan ini dilakukan variasi massa adsorben terhadap jumlah Pb(II) teradsorpsi. Massa adsorben Si-sekam dan Si-tebu masing - masing divariasi menjadi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 g. Variasi massa adsorben ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah adsorben terhadap kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben. Gambar 3 menunjukkan grafik massa Si-sekam terhadap konsentrasi Pb(II) teradsorpsi dan terdesorpsi.

Gambar 3a menunjukkan bahwa penambahan massa adsorben Si-sekam berpengaruh terhadap jumlah Pb(II) yang teradsorpsi. Grafik tersebut menunjukkan bahwa jumlah Pb(II) teradsorpsi cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Hal ini sesuai dengan penjelasan [15] bahwa dengan semakin besarnya luas permukaan adsorben akan semakin meningkatkan jumlah ion yang teradsorpsi. Semakin banyak jumlah adsorben Si-sekam yang digunakan dapat diartikan sebagai metode untuk meningkatkan luas permukaan adsorben. Dengan semakin luasnya permukaan adsorben yang digunakan maka kemungkinan terjadinya kontak dengan larutan ion juga akan semakin besar. Namun, apabila melihat grafik desorpsi Pb(II) pada Gambar 3, dapat diamati pada penggunaan massa adsorben Si-sekam lebih besar dari 0,6 g tidak terdapat perbedaan signifikan terhadap jumlah Pb(II) terdesorpsi.



Gambar 3. (a) Jumlah Pb²⁺ Teradsorpsi pada Silika Sekam Padi Jumlah (b) Pb²⁺ Teradsorpsi pada Silika Ampas Tebu

Gambar 3b menunjukkan grafik pengaruh massa Si-Tebu terhadap jumlah Pb(II) teradsorpsi dan terdesorpsi. Grafik tersebut menunjukkan bahwa ada Pb(II) yang tetap

tertinggal pada adsorben saat dilakukan desorpsi menggunakan HNO_3 1M sebanyak 20 mL. Data ini menunjukkan bahwa proses desorpsi belum berjalan dengan sempurna. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor, antara lain waktu kontak yang belum optimum serta kemampuan larutan HNO_3 untuk membentuk ikatan dengan ion Pb(II) .

Data pada Gambar 3a dan 3b menunjukkan bahwa HNO_3 sebagai eluen tidak dapat membentuk ikatan yang cukup kuat dan stabil dengan ion Pb(II) . Ion H^+ dari larutan HNO_3 kemungkinan hanya dapat melepaskan ion Pb(II) yang terperangkap secara fisik pada permukaan adsorben Si-sekam dan Si-tebu namun tidak cukup mampu untuk memutus ikatan yang terbentuk akibat adanya interaksi antara ion Pb(II) dengan gugus silanol pada adsorben. Untuk meningkatkan kapasitas desorpsi maka perlu digunakan eluen yang mampu membentuk ikatan lebih kuat dengan ion Pb(II) dibandingkan ikatan antara Pb(II) dengan adsorben

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah gugus aktif yang berperan dalam proses interaksi antara ion Pb(II) dan adsorben Si-sekam dan Si-tebu adalah gugus silanol bebas $-\text{OH}$. Kapasitas adsorpsi maksimum Pb(II) pada Si-sekam adalah 126 mg/g pada 0,6 g massa adsorben sedangkan kapasitas adsorpsi maksimum Pb(II) pada Si-tebu adalah 109,69 mg/g pada 0,8 g adsorben.

Referensi

- [1] Mukono. 2012. **Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya terhadap Kesehatan**.<http://mukono.blog.unair.ac.id/2010/02/11/toksikologi-logam-berat-b3-dan-dampaknya-terhadap-kesehatan/>. Diakses tanggal 31 Agustus 2017.
- [2] Camel, V. 2003. Review: Solid Phase Extraction of Trace Elements. *Spectrochimica Acta Part B*. 58. 1177-1233.
- [3] BBC News Indonesia. Sekitar 24 Anak di Cina Keracunan Timbal. <https://www.bbc.com/indonesia/dunia>
- [4] Wijaya, H. 2008. Penggunaan Tanah Laterit sebagai Media Adsorpsi untuk Menurunkan Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Pengolahan Limbah Cair di Rumah Sakit Baktiningsih Klepu, Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia. Jogjakarta.
- [5] Weber, Jr., W. J. 1972. *Physics Chemical Process for Water Quality Control*, John Willey Interscience, New York.
- [6] Vaisye, C.R. and K.S Gupta. 2002. Modelling Iron-Coated Sand (SMIOCS). *J.chem Tech and Biotech*. Bombay.
- [7] Enymia, Suhandia, dan Sulistarihani, N. 2009. Pembuatan Silika Gel Kering dari Sekam Padi untuk Pengisi Karet Ban. *Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia*. 7. 205-209.
- [8] Agustiningtyas, Z. 2012. Optimasi Adsorpsi Ion Pb(II) Menggunakan Zeolit Alam Termodifikasi Ditizon. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [9] Kaur, S. Walia, T.P.S., and Mahajan, R.K. 2008. Comparative Studies of Zink, Cadmium, Lead, and Copper on Economically Viable Adsorbents. *Journal Environ Eng Sci* 7: 1 - 8.

- [10] Tangjuank, S., Insuk, N., Tontrakoon, J., and V. Udeye. 2009. Adsorption of Lead(II) and Cadmium(II) Ions from Aqueous Solution by Adsorption on Activated Carbon Prepared from Cashew Nut Shells. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 52. 110 - 116.
- [11] Mujiyanti, D.R. 2010. Adsorpsi Multilogam Ag(I), Pb(II), Cr(II), Cu(II), dan Ni(II) pada Hibrida Merkupto-Silika dari Abu Sekam Padi. Universitas Gajah Mada. Jogjakarta.
- [12] Xue, X.L, C.L. Chen, X., and K. Wang, 2007. Adsorption Of Pb (II) From Aqueous to Mx-80 Bentonite: Effect Of pH, Ionic Strength, Foreign Ions And Temperature. *Applied Clay Science*. 41. 37-46.
- [13] Harsono, H. 2009. Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi. *Jurnal Ilmu Dasar*. 3. 98-103.
- [14] Öztürk, N. and T.E Bektaş. 2004. Nitrate Removal from Aqueous Solution by Adsorption onto Various Materials. *Journal of Hazardous Materials B112*: 155-162.
- [15] Jal, P.K., S. Patel, dan B.K. Mishra, 2004. Chemical modification of Silica Surface by Immobilization of Functional Groups for Extractive Concentration of Metal Ions. *Talanta*, 62. 1005-1028.