

Pemanfaatan Silika (SiO₂) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik

Ika Sri Hardyanti^{1*}, Isni Nurani, Dyan Septyaningsih Hardjono HP, Evalisa Apriliani, Emas Agus Prastyo Wibowo

¹Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

*ikasrihardyanti@gmail.com

Abstract

Batik industry is a potential industry from the initial process until the process of refinement indicated the use of chemicals containing heavy metal elements. Batik waste product still contains heavy metal that one of them is Fe. High Fe content in wastewater may contaminate the aquatic environment when disposed of into rivers or irrigation canals. The adsorption process is an effective purification and separation technique used in industry to reduce heavy metal ions in wastewater. Silica has Si-O-Si and Si-OH active groups which can be used as Fe metal adsorbents. Silica is inert, has good adsorption and ion exchange properties, easily modified with certain chemical compounds, high mechanical and thermal stability, and can be used for preconcentration or analytical separation because the analytical binding process on the silica surface is reversible. A research has been conducted to determine optimal stirring time on silica adsorbent in adsorbing Fe metal contained in batik waste of Sudagaran village, Banyumas. There are four samples tested by AAS method each of 400 mL volume and reddish-brown. Sample 1 as a control. Samples 2, 3, and 4 were adsorbed silica of the same mass but treated with time variations. Samples 2, 3, and 4 were stirred with successive variations of 20, 40, and 60 minutes. The results showed that 40 minute stirring time was the optimal time for silica in adsorbing Fe metals. Fe content was decreased used to nanosilica from 0.287 ppm to 0.145 ppm whereas Fe content was decreased used to bentonite from 0.939 ppm to 0.912 ppm.

Keywords: heavy metal, batik waste, adsorption

Abstrak

Industri batik merupakan industri yang potensial dari proses awal hingga proses penyempurnaan diindikasikan penggunaan bahan kimia yang mengandung unsur logam berat. Hasil buangan limbah batik masih mengandung logam berat salah satunya Fe. Kandungan Fe yang tinggi dalam air limbah dapat mencemari lingkungan perairan apabila dibuang ke sungai atau saluran irigasi. Proses adsorpsi merupakan teknik pemurnian dan pemisahan yang efektif dipakai dalam industri untuk mengurangi ion logam berat dalam air limbah. Silika memiliki gugus aktif Si-O-Si dan Si-OH yang dapat digunakan sebagai adsorben logam Fe. Silika bersifat inert, mempunyai sifat adsorpsi dan pertukaran ion yang baik, mudah dimodifikasi dengan senyawa kimia tertentu, kestabilan mekanik dan termal tinggi, serta dapat digunakan untuk prekonsentrasi atau pemisahan analit karena proses pengikatan analit pada permukaan silika bersifat *reversible*. Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui waktu pengadukan yang optimal pada adsorben silika dalam mengadsorpsi logam Fe yang terkandung dalam limbah batik desa Sudagaran, Banyumas. Terdapat empat sampel yang diuji dengan metode AAS masing-masing volumenya 400 mL dan berwarna coklat kemerahan. Sampel 1 belum dilakukan adsorpsi silika atau sebagai kontrol. Sampel 2, 3, dan 4 diadsorpsi silika dengan massa yang sama namun diberi perlakuan variasi waktu. Sampel 2, 3, dan 4 diaduk dengan variasi waktu berturut-turut 20, 40, dan 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu pengadukan 40 menit merupakan waktu yang optimal untuk silika dalam mengadsorpsi logam Fe. Terjadi penurunan kadar Fe dari 0,287 ppm menjadi 0,145 ppm. Sedangkan dengan bentonit terjadi penurunan kadar Fe dari 0,939 ppm menjadi 0,912 ppm.

Kata kunci: logam berat, limbah batik, adsorpsi

1. Pendahuluan

Batik merupakan salah satu kekayaan budaya bangsa Indonesia yang telah mendapat pengakuan internasional dari UNESCO pada

pada tanggal 2 Oktober 2009. Pengakuan UNESCO ini menjadi suatu kebanggaan dan tantangan bagi bangsa Indonesia. Kementerian Perindustrian menyatakan bahwa industri batik

dalam negeri kini telah naik daun yang ditandai dengan meningkatnya produksi batik setiap tahun. Pada tahun 2010 nilai produksi industri batik mencapai 732,67 miliar atau naik 13% dari periode sebelumnya yaitu 646,94%. Data Kementerian Perindustrian menunjukkan jumlah unit usaha batik selama lima tahun sejak 2011-2015 tumbuh hingga 14,7% dari 41.623 unit menjadi 47.755 unit. Selain itu, nilai batik yang tinggi terlihat dari ekspor batik yang naik hingga 10% dari tahun sebelumnya, pada tahun 2015 mencapai USD 156 juta atau setara dengan 2,1 triliun [1].

Meningkatnya permintaan dan pembelian batik berdampak pada tumbuh dan berkembangnya sentra-sentra industri batik di berbagai daerah di Indonesia. Aktifitas industri batik disamping memberikan dampak positif, juga terdapat dampak negatif bagi lingkungan. Banyaknya produsen batik, baik yang besar maupun skala rumah tangga akan menghasilkan limbah cair batik dengan kandungan zat warna, zat padat tersuspensi, BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), minyak, dan lemak yang perlu pengolahan sebelum dibuang ke badan air [2]. Limbah pencelupan zat warna pada industri batik atau pabrik-pabrik tekstil lainnya, yang jumlahnya cukup besar dapat menimbulkan pencemaran lingkungan karena lingkungan mempunyai kemampuan yang terbatas untuk mendegradasi zat warna tersebut. Adapun kandungan pada limbah batik ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Limbah Batik

Parameter	Standar (mg/L)	Limbah industri (mg/L)
pH	6-9	6
COD	150	4.230
Amoniak	8	5.47
Total		
Fenol total	0.5	535
TSS	50	535
Sulfida	0.3	0.040
Crom	1	0.1385
Besi	-	2.0587
Tembaga	-	0.2696
Seng	-	54.7175
Kadmium	-	0.00063
Timbal	-	0.2349

Keberadaan logam berat di air atau air limbah dengan konsentrasi melebihi ambang batas dapat memberikan dampak negatif bagi siklus biologi yang normal di lingkungan. Diantara ion logam pencemar lingkungan yang berbahaya adalah cadmium, timbal, seng, merkuri, tembaga, dan besi [3]. Berbagai teknik pengambilan logam berat dari air telah dikembangkan, misalnya filtrasi, pengendapan secara kimia, adsorpsi pertukaran ion, *electro-deposition*, dan sistem membran [4]. Salah satu teknik yang banyak dikembangkan adalah prinsip ekstraksi fasa padat (*solid phase extraction*) dengan menggunakan adsorben tertentu karena tidak membutuhkan pelarut yang berbahaya. Usaha-usaha pengendalian limbah ion logam belakangan ini semakin berkembang yang mengarah pada upaya pencarian metode-metode baru yang murah, efektif dan efisien. Salah satunya dengan menggunakan arang aktif sebagai media untuk menyerap logam.

Sekam padi sebagai limbah pertanian masih memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai adsorben dengan adanya kandungan bahan-bahan organiknya. Senyawa utama dinding sel sekam padi adalah polisakarida yaitu serat kasar atau selulosa, lignin, dan hemiselulosa yang memiliki gugus hidroksil yang dapat berperan dalam proses adsorpsi [5]. Proses adsorpsi terjadi karena interaksi logam dengan gugus fungsional pada permukaan adsorben, umumnya yang mengandung gugus fungsional -OH, -NH, -SH, dan -COOH [6]. Selain itu, abu sekam padi merupakan bahan yang sangat potensial sebagai bahan penyerap logam berat dalam air. Abu sekam padi dapat digunakan sebagai adsorben karena selain merupakan material berpori juga mempunyai gugus aktif yaitu Si-O-Si dan Si-OH [2].

Bentonit merupakan sumber daya mineral yang melimpah di Indonesia (380 juta ton) dan belum dimanfaatkan secara optimal [7]. Aplikasi bentonit yang banyak dikaji pada saat ini adalah sebagai adsorben. Permukaan bentonit bermuatan negatif, sehingga mampu mengadsorpsi ion-ion logam yang bermuatan

positif, tetapi kemampuannya dalam mengadsorpsi anion sangat rendah. Oleh karena itu, bentonit perlu dimodifikasi sebelum digunakan sebagai adsorben. Salah satu cara memodifikasi bentonit adalah dengan pilarisasi yaitu menginterkalasikan suatu agen pemilar ke dalam antarlapis silikat pada bentonit, sehingga daya kerjanya meningkat karena mengembangkannya ruang antarlapis dalam strukturnya sehingga mampu mengakomodasi kation-kation dalam jumlah besar [8].

Pada penelitian ini akan dilakukan pengolahan limbah batik dengan penyerapan logam Fe menggunakan silika. Sumber silika didapat dari sekam padi yang dijadikan partikel nano melalui tahapan tertentu. Selain menggunakan silika, pada penelitian ini juga menggunakan bentonit sebagai adsorben. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui waktu optimum silika dalam mengadsorpsi logam Fe pada limbah batik.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah silika, bentonit, dan limbah cair batik. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengaduk, beaker glass ukuran 500 mL, dan spatula. Untuk analisis hasil adsorpsi digunakan spektrofotometer serapan atom (AAS). Prosedur penelitian adalah sebanyak 400 mL limbah cair batik dimasukkan ke dalam beaker glass. Adsorpsi dilakukan dalam sistem *batch* dengan cara menambahkan sepucuk spatula silika ke dalam limbah cair batik. Campuran silika dan limbah cair batik diaduk menggunakan pengaduk dengan variasi waktu 20, 40, dan 60 menit. Masing-masing sampel dianalisis dengan spektrometer serapan atom (AAS) untuk menentukan kadar logam Fe yang teradsorpsi.

3. Hasil Penelitian

Metode adsorpsi telah banyak digunakan dalam purifikasi air limbah batik. Metode adsorpsi dapat menurunkan kadar

logam berat dalam limbah cair batik dengan cara menyerap logam-logam tersebut ke permukaan adsorbennya. Proses adsorpsi dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan. Selain itu, diameter logam yang diadsorpsi juga berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Beberapa faktor lain yang juga dapat mempengaruhi tingkat adsorpsi antara lain karakteristik adsorben, pH larutan, temperatur, ukuran adsorben, dan waktu pengadukan [9].

Silika merupakan suatu padatan berpori, struktur berpori ini berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil ukuran pori-pori silika mengakibatkan luas permukaan semakin besar sehingga kemampuan adsorpsi bertambah. Selain itu, silika mempunyai sifat unik yang tidak dimiliki oleh senyawa anorganik lainnya, seperti sifat inert, sifat adsorpsi dan pertukaran ion yang baik, mudah dimodifikasi dengan senyawa kimia tertentu untuk meningkatkan kinerjanya, kestabilan mekanik dan kestabilan termal tinggi, serta dapat digunakan untuk prekonsentrasi atau pemisahan analit karena proses pengikatan analit pada permukaan silika bersifat reversible [10]. Silika yang digunakan dalam penelitian ini merupakan silika hasil karakterisasi. Permukaan silika yang dikarakterisasi menyebabkan hadirnya gugus silanol (-SiOH) dan siloksan (Si-O-Si) yang memungkinkan dapat mengikat ion logam secara lebih selektif dengan mekanisme tertentu [11].

Penentuan waktu digunakan untuk mendapatkan waktu pengadukan optimal selama proses *batch* sehingga adsorben dapat mengadsorpsi adsorbat hingga batas maksimal adsorpsi. Optimasi kapasitas adsorpsi silika terhadap logam berat Fe pada limbah batik cair dilakukan dengan variasi lama waktu pengadukan. Sebelumnya, dilakukan karakteristik terhadap limbah batik cair dan diketahui kandungan Fe sebesar 0,287 ppm. Kapasitas adsorpsi dengan variasi lama pengadukan terhadap logam Fe menghasilkan kandungan logam Fe pada sirkulasi waktu 20

menit, 40 menit, dan 60 menit berturut-turut sebesar 0,182 ppm, 0,145 ppm, dan 0,185 ppm. Adsorpsi logam Fe paling baik terjadi pada sirkulasi waktu 40 menit dengan prosentase 49,47%. Tingkat adsorpsi silika dengan variasi waktu dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi Penurunan Fe pada Variasi Waktu Pengadukan Menggunakan Silika

Kadar awal logam Fe (ppm)	Waktu pengadukan (menit)	Kadar akhir logam Fe (ppm)
0,287	20	0,182
	40	0,145
	60	0,185

Pada penelitian ini juga digunakan bentonit sebagai adsorben logam Fe dalam limbah batik. Konsentrasi penurunan Fe pada variasi waktu pengadukan menggunakan bentonit ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 3. Konsentrasi Penurunan Fe pada Variasi Waktu Pengadukan Menggunakan Bentonit

Kadar awal logam Fe (ppm)	Waktu pengadukan (menit)	Kadar akhir logam Fe (ppm)
0,939	20	0,948
	40	0,912
	60	0,924

Semakin lama waktu interaksi, maka jumlah ion logam Fe yang teradsorpsi semakin banyak. Silika dan bentonit aktif menjadi adsorben hanya sampai waktu 40 menit, dan setelah itu terjadi penurunan keefektifan adsorpsi silika. Hal ini karena setelah lebih dari 40 menit, adsorben silika dan bentonit mulai mencapai titik jenuh sehingga pada kondisi tersebut ion logam yang terikat pada permukaan silika akan terlepas kembali.

4. Kesimpulan

Silika dapat digunakan sebagai adsorben logam berat Fe dalam limbah cair batik dengan waktu optimal adsorpsi yaitu 40 menit dimana terjadi penurunan kadar Fe dari 0,287 ppm menjadi 0,145 ppm sedangkan

dengan bentonit terjadi penurunan kadar Fe dari 0,939 ppm menjadi 0,912 ppm.

5. Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Perindustrian. <http://www.kemendag.go.id/artikel/15310/Batik-Indonesia-Makin-Mendunia>. Diakses pada 30 April 2017.
- [2] Setyaningsih, P. 2006. *Penyisihan Warna dan Biodegradasi Organik Limbah Pewarna Batik Menggunakan Reaktor Kontinyu Fixed-Bed Anaerob-Aerob*. Bandung: Publisher.
- [3] Connel, D.W., dan Miller, G.J. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Jakarta: UI-Press.
- [4] Pradhan, S., Shukla, S.S., Dorris, K.L. 2005. Removal of Nickel from Aqueous Solution using Crab Shell, *Journal of Hazardous Material B125* (2005) 201-204.
- [5] Balittan. 2009. Jerami dapat Mensubstitusi Pupuk KCl. *Warta Penelitian dan Pengembangan*. 31(1).
- [6] Stum, W., dan Morgan, J.J. 1996. *Aquatic Chemistry*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- [7] Syuhada, R. Wijaya, Jayatin, dan S. Rohman. 2009. Modifikasi Bentonit (clay) Menjadi *Organoclay* dengan Penambahan Surfaktan. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi* 2(1):48-51.
- [8] Wijaya, K., I. Tahir dan N. Haryanti. 2005. Sintesis Fe₂O₃-Monmorillonite dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Zat Pewarna Congo Red. *Indonesian Journal of Chemistry* 5(1): 41-47.
- [9] Putra, D.E., Astuti, F.P., Suharyadi, E. 2014. Studi Penurunan Kadar Logam Besi (Fe) pada Limbah Batik dengan Sistem Purifikasi Menggunakan Adsorben Nanopartikel Magnetik (Fe₃O₄). *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng dan DIY*, 250-252.
- [10] Pyrzynska, K., Wierzwicki, T. 2005, *Analytical Sciences*, 21, 951-954.

- [11] Mahmoud, M.E., Osman, M.M., Amer, M.E. 2000. Selective Preconcentration and Solid Phase Extraction of Mercury(II) from Natural Water by Silica Gel- Loaded Dithizone Phases. *Analytica Chimica Acta*, 415(1): 33-40.