

Potensi Jerami Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb) Pada Limbah Cair Industri Batik Sidokare, Sidoarjo

The Potential of Rice Straw as Pb Adsorbent on Wastewater of Batik Industry in Sidokare Sidoarjo

Maulidha Kurnia Dini *, Fida Rachmadiarti, Sunu Kuntjoro

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

* e-mail: maulidha.kurnia.dini@gmail.com

ABSTRAK

Industri batik menghasilkan limbah berbahaya sehingga dapat menimbulkan kerusakan lingkungan. Limbah cair industri batik Sidokare Sidoarjo mengandung Pb sebesar 0,173 ppm, Cd sebesar 0,009 ppm, dan Cr sebesar 0,004 ppm sedangkan ambang batas maksimum kadar logam berat timbal (Pb) yang akan dibuang ke badan air berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 adalah 0,1 ppm. Berdasarkan hal ini limbah cair batik belum layak untuk dibuang ke perairan, oleh karena itu perlu dilakukan penurunan kadar logam berat melalui proses adsorpsi. Tujuan penelitian adalah untuk mendeskripsikan pengaruh kombinasi konsentrasi dengan lama waktu kontak serbuk jerami terhadap penurunan kadar logam berat timbal pada limbah cair industri batik Sidoarjo. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Terdapat dua faktor perlakuan yaitu konsentrasi serbuk jerami (0 mg/L, 20.000 mg/L, dan 40.000 mg/L) dan lama waktu kontak (90 dan 180 menit) dengan jumlah ulangan 4 kali sehingga didapat 24 unit penelitian. Parameter yang diukur adalah penurunan kadar logam berat Pb limbah batik. Data penurunan kadar Pb pada limbah batik dianalisis menggunakan statistik deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan kadar logam berat timbal pada limbah cair batik dengan kombinasi perlakuan konsentrasi serbuk jerami dan lama waktu kontak. Penurunan paling tinggi adalah perlakuan 40.000 mg/L serbuk jerami dengan lama waktu 180 menit yaitu sebesar 50,35%.

Kata kunci: jerami; adsorben; limbah batik; timbal

ABSTRACT

Batik industry produces dangerous waste that can cause environmental damage. Liquid waste of Sidoarjo Sidokare-batik Industry is containing 0.173 ppm of Pb level, 0.009 ppm of Cd level, and 0.004 ppm of Cr level, while according to the hazardous regulation of East Java Governor No. 72 Year 2013, the maximum rate of Pb which is allowed to be discarded into water is 0.1 ppm. Based on that rule, the liquid waste of batik industry can not to be discarded into water directly. Therefore, it be needed to decrease the rate of heavy metals by adsorption process. The purpose of this research was to describe the effect of combination from concentration and contact time rice straw powder in decreasing rate of Pb in liquid waste of Sidoarjo Sidokare-batik industry. The experimental research used a completely randomized design. There were two treatment factors, namely the concentration of rice straw powder (0 mg/L; 20,000 mg/L; and 40,000 mg/L) and contact time (90 and 180 minutes) with 4 replications thus there were 24 treatment units. The measured parameter was the reduction of Pb level in batik's liquid waste. Data of reduction Pb in waste were analyzed using descriptive statistics. The results indicated that there was a reduction of Pb level in batik's liquid waste with combination treatment of powder concentration and contact time. The highest number of reduction was in the treatment of 40,000 mg/L of straw powder with in 180 minutes (50.35%).

Key words: straw; adsorbent; batik's waste; lead

PENDAHULUAN

Jerami adalah limbah pertanian dari tanaman padi yang telah diambil buahnya (gabah) untuk produksi gabah kering sehingga tinggal tersisa batang dan daunnya yang belum sepenuhnya banyak dimanfaatkan. Produksi jerami yang dihasilkan dari produksi gabah panen adalah sekitar 50% (Hanafi, 2008). Jerami memiliki komponen utama berupa karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa), lignin, dan silika (Safrianti dkk., 2012). Menurut Dewi (2012), jerami mengandung selulosa sebesar 37,71%.

Selulosa adalah unsur yang paling berlimpah dan penyusun utama dinding sel tumbuhan. Selulosa mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi logam berat (Aji dan Kurniawan, 2012). Adsorpsi merupakan gaya ikatan yang bekerja pada permukaan adsorben padat yang berfungsi menarik bahan yang harus dipisahkan dari campurannya sehingga dapat terjadi suatu proses pemisahan bahan tersebut dari campuran gas atau cair (Kwartiningsih dan Setiawati, 2005). Berdasarkan Safrianti dkk. (2012), jerami dapat mengadsorpsi logam Pb (II) dikarenakan jerami

mengandung selulosa yang memiliki gugus fungsi berupa gugus karboksil (COOH) dan hidroksil (OH) yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam.

Pencemaran dapat berasal dari limbah industri maupun limbah domestik yang langsung di buang ke perairan baik sengaja ataupun tidak sengaja, serta aktivitas masyarakat yang lain. Industri batik merupakan industri yang berpotensi menghasilkan limbah yang mengandung logam berat sehingga dapat menimbulkan kerusakan lingkungan (Sasongko, 2010). Hal ini dikarenakan dalam proses pembuatan batik terdapat beberapa tahapan yang berpotensi menggunakan bahan kimia yang mengandung logam berat, seperti penggambaran pola dengan cetakan tembaga yang dilapisi malam dan menggambar dengan canting, serta proses pewarnaan dan proses pencucian kain dengan air mendidih.

Berdasarkan Hunger (2003), pada proses pewarnaan batik diindikasikan menggunakan campuran kimia yang beracun dan berbahaya serta mengandung logam berat seperti tembaga, kromium, kobalt, aluminium, besi, dan timbal. Hal ini diperkuat dengan hasil uji laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga, dengan kadar logam berat yang terkandung dalam limbah cair industri batik Sidokare Sidoarjo adalah Pb= 0,173 ppm, Cd= 0,009 ppm dan Cr= 0,004 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa limbah cair batik melebihi ambang batas kadar timbal berdasar Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan industri lain, dimana kadar timbal air limbah yang akan dibuang ke badan air seharusnya adalah 0,1 ppm. Sehingga perlu dilakukan pengawasan dan penanganan pada limbah cair batik yang akan dibuang ke badan air karena bisa jadi terdapat peningkatan kandungan zat berbahaya yang bersifat akumulatif tiap tahunnya.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian dalam pemanfaatan kembali hasil samping pertanian yaitu berupa limbah jerami untuk mengetahui pengaruh kombinasi konsentrasi dan lama waktu kontak dalam menurunkan kandungan logam berat terutama Pb pada Limbah Cair Industri Batik Sidokare Sidoarjo yang diharapkan dapat mengoptimalkan pengolahan limbah untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret-April 2016. Pengambilan sampel air limbah batik adalah di rumah industri batik tulis halus Sidokare, Sidoarjo dan jerami diambil dari persawahan di Desa Sambirejo Kecamatan Rejoso Kabupaten Pasuruan. Eksperimen adsorpsi air limbah batik dengan serbuk jerami dilakukan di Laboratorium Struktur dan Perkembangan Gedung C10, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Negeri Surabaya (Unesa); sedangkan analisis kadar timbal pada air limbah batik dilakukan di Laboratorium Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga. Variabel yang diukur adalah persentase penurunan kadar logam berat Pb limbah batik. Alat yang digunakan adalah gelas ukur, gelas kimia, blender, timbangan digital, ayakan 80 mesh, kertas saring, pH tester, magnetik stirer, pompa vakum, dan AAS. Bahan yang digunakan adalah air limbah batik, jerami, dan aquades.

Pembuatan Serbuk Jerami

Sampel jerami dicuci bersih kemudian dikeringkan dan dioven. Sampel yang telah kering kemudian digiling sampai halus dan kemudian diayak dengan ukuran partikel 80 mesh.

Perlakuan Eksperimen

Sebanyak 20.000 mg dan 40.000 mg serbuk jerami dengan ukuran partikel 80 mesh masing-masing dimasukkan ke dalam 1 liter air limbah batik. Selanjutnya diaduk dengan magnetik stirer agar adsorben tercampur rata pada air limbah. Variasi waktu kontak yang digunakan adalah 90 dan 180 menit. Air limbah yang telah diinteraksikan dengan adsorben kemudian disaring dengan kertas saring melalui pompa vakum. Kemudian sampel diukur pH dan suhu, lalu diujikan kadar timbalnya dengan menggunakan AAS.

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik deskriptif untuk mendeskripsikan persentase penurunan logam berat timbal pada limbah cair batik dengan menggunakan persamaan:

$$\% \text{penurunan} = \frac{\text{kadar Pb sebelum perlakuan} - \text{kadar Pb sesudah perlakuan}}{\text{kadar Pb sebelum perlakuan}} \times 100\%$$

HASIL

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data penurunan kadar logam timbal pada limbah cair batik setelah diberi perlakuan berbagai konsentrasi dan lama waktu kontak dengan serbuk jerami. Rata-rata

kadar logam timbal yang terkandung dalam limbah cair batik setelah perlakuan mengalami penurunan, dari kadar logam timbal yang terkandung sebelum perlakuan sebesar 0,284 ppm (Tabel 1). Kadar logam timbal yang terkandung ini telah melebihi ambang batas maksimum logam timbal pada limbah cair industri yang dibuang ke perairan berdasarkan ketentuan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Apabila kandungan logam timbal ini melebihi batas maka akan

memperburuk kondisi lingkungan perairan yang sebagai tempat hidup biota air.

Kadar akhir logam berat timbal setelah perlakuan sudah mencapai ambang batas sehingga air limbah sudah layak untuk dibuang ke perairan. Penurunan paling tinggi terjadi pada penambahan serbuk jerami sebanyak 40.000 mg dengan lama waktu kontak selama 180 menit, yaitu kadar logam timbal akhir sebesar 0,141 ppm sehingga penurunan logam berat timbal sebesar 0,143 ppm dengan persentase penurunan sebesar 50,35% (Tabel 1).

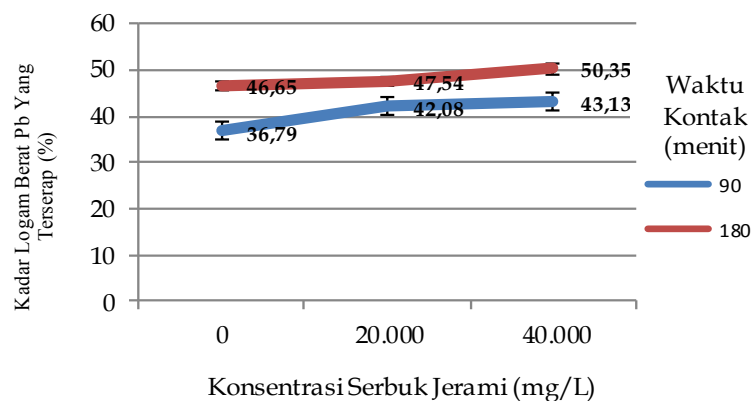
Tabel 1. Data penurunan kadar logam berat (mg/l) timbal (Pb) pada limbah cair batik setelah kontak dengan serbuk jerami pada berbagai konsentrasi dan lama waktu

Lama Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi Jerami (mg/L)	Kadar Awal Pb (ppm)	Kadar Akhir Pada Waktu (ppm)	Kadar Pb yang Terserap (ppm)	Persentase Penurunan (%)	Standar Baku Mutu*
90	0	0,284	0,179	0,105±0,011	36,79±3,84	0,1 ppm
	20.000		0,165	0,119±0,016	42,08±5,78	
	40.000		0,162	0,123±0,016	43,13±5,55	
180	0		0,152	0,133±0,013	46,65±4,42	
	20.000		0,149	0,135±0,009	47,54±3,22	
	40.000		0,141	0,143±0,013	50,35±4,42	

Keterangan: *Lampiran Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013

Pada Gambar 1 dapat terlihat grafik pengaruh kombinasi perlakuan terhadap kadar Pb terserap, yang menunjukkan bahwa

persentase penurunan logam timbal paling tinggi adalah pada pemberian 40 g serbuk jerami dengan lama waktu kontak 180 menit.



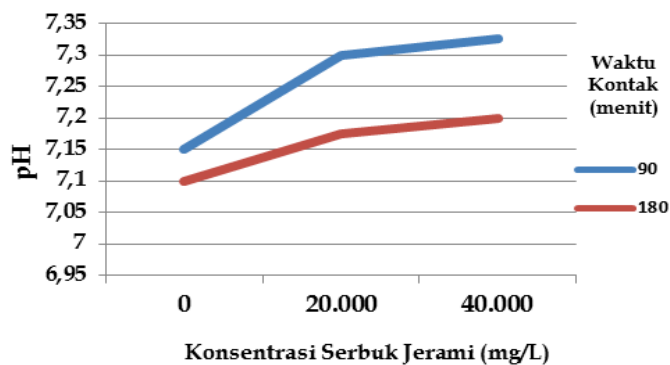
Gambar 1. Grafik pengaruh kombinasi konsentrasi serbuk jerami dan lama waktu kontak terhadap kadar Pb limbah cair batik yang terserap

Berdasarkan data, limbah cair batik memiliki pH 6,9 dan setelah dilakukan perlakuan mengalami perubahan nilai seiring dengan penurunan logam timbalnya (Tabel 2).

Setelah pemberian perlakuan peningkatan pH terjadi pada sampel limbah cair batik. pH tertinggi terjadi pada pemberian serbuk 40.000 Mg dengan lama waktu kontak 90 menit, yaitu sebesar 7,325 (Gambar 2).

Lama Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi Jerami (mg/L)	pH Awal	Rata-Rata pH Akhir
90	0	6,9	7,15±0,17
	20.000		7,3±0,00
	40.000		7,325±0,05
180	0		7,1±0,00
	20.000		7,175±0,05
	40.000		7,2±0,12

Tabel 2. Rerata pH limbah cair batik setelah perlakuan



Gambar 2. Grafik hubungan kombinasi konsentrasi serbuk jerami dan lama waktu kontak terhadap perubahan kadar pH limbah cair batik

Hasil pengukuran suhu menunjukkan bahwa suhu masih memenuhi standar uhi standar	baku mutu setelah adanya perlakuan			kombinasi (Tabel 3).	
	Lama Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi Jerami (mg/L)	Suhu Awal (°C)		Suhu Akhir (°C)
		0			30,75
	90	20.000			30,63
		40.000	31		30,63
		0			30,75
	180	20.000			30,5
		40.000	30,5	3. Rerata suhu limbah cair setelah perlakuan	

PEMBAHASAN

Jerami yang telah diketahui kandungan selulosanya sebesar 37,71% berdasarkan Dewi (2002), dapat berpotensi dalam menurunkan kadar logam berat Pb, yang merupakan logam berat dengan kadar paling tinggi pada limbah cair buangan industri batik. Industri batik merupakan salah satu penghasil limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan. Pada proses pembuatan batik terdapat proses pelorodan lilin dan pewarnaan batik baik dengan pewarna dasar ataupun pewarna lanjut yang diindikasikan menggunakan campuran kimia yang sangat beracun dan berbahaya dan pada akhirnya menghasilkan air pembuangan yang disalurkan pembuangannya pada perairan seperti sungai. Dalam pembuatan batik, dari proses awal hingga proses penyempurnaan diindikasikan menggunakan bahan kimia yang mengandung unsur logam berat, sehingga bahan buangannya juga masih mengandung unsur logam berat tersebut (Sasongko, 2010).

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh pemberian serbuk jerami terhadap penurunan kadar timbal pada limbah cair batik, terlihat adanya penurunan kadar timbal berdasarkan variasi dosis tanpa serbuk, 20.000 mg dan 40.000 mg dengan lama kontak 90 menit dan 180 menit. Ini menunjukkan bahwa serbuk jerami masih memiliki potensi dalam menurunkan kadar timbal.

Berdasarkan data pada lama waktu kontak, menyatakan bahwa lama kontak 180 menit lebih banyak menyerap logam Pb pada limbah cair batik dibandingkan pada waktu kontak 90 menit. Ini terjadi dikarenakan waktu kontak yang belum cukup bagi gugus fungsi adsorben untuk berinteraksi dengan logam dalam larutan sehingga belum banyak gugus fungsi yang berperan mengadsorpsi logam Pb, dimana gugus fungsi hidroksil (-OH dari CH_2OH) adsorben belum berinteraksi secara maksimal dengan ion logam Pb (II) pada waktu interaksi 90 menit sehingga pada waktu kontak 90 menit, ion logam Pb (II) yang teradsorpsi oleh gugus fungsi lebih kecil dari pada waktu kontak 180 menit. Hal ini juga diperkuat oleh Safrianti dkk (2012) yang menyatakan bahwa ion logam Pb yang teradsorpsi oleh gugus fungsi pada adsorben akan semakin besar dengan semakin lamanya waktu kontak perlakuan. Selain itu berdasarkan Mohadi dkk (2014), proses penyerapan akan meningkat diiringi dengan semakin lama waktu kontak adsorben dengan ion logam sampai pada waktu tertentu dan setelah itu akan turun kembali.

Bila ditinjau dari besar konsentrasi perlakuan serbuk jerami, menunjukkan adanya penurunan yang lebih tinggi dengan perlakuan konsentrasi

serbuk jerami yang lebih tinggi pula, yaitu pada pemberian serbuk jerami sebesar 40.000 mg. Ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi serbuk jerami yang dikontakkan dengan limbah cair batik maka daya adsorpsi adsorben semakin besar. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Barros et al. (2003), bahwa peningkatan massa adsorben juga akan meningkatkan persentase efisiensi penyerapan adsorbat karena gugus pengikat logam yang bertambah. Selain itu, menurut Nurdin (2006) faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah jumlah kerapatan adsorben dimana peningkatan berat bahan penyerap juga menandakan peningkatan kerapatan bahan penyerap dalam larutan sehingga serapan tertinggi akan tercapai pada kerapatan tertentu yang memungkinkan terjadinya interaksi yang efektif antara ion logam dengan gugus aktif adsorben.

Berdasarkan Hughes dan Poole (1984), mekanisme adsorpsi yang terjadi antara ion logam bermuatan positif (kation) yang terikat gugus -OH pada permukaan adsorben adalah melalui mekanisme pembentukan senyawa kompleks, yaitu terjadi suatu interaksi antara gugus -OH dengan ion logam, karena ion logam yang memiliki orbital kosong sedangkan atom oksigen pada gugus -OH yang memiliki pasangan elektron bebas. Dengan hal ini orbital kosong yang dimiliki ion logam akan ditempati oleh pasangan elektron bebas tersebut sehingga dapat terbentuk suatu senyawa atau ion kompleks.

Pembentukan senyawa kompleks dapat terjadi pada mekanisme adsorpsi ion Pb dengan selulosa, karena antara gugus fungsi adsorben dan ion logam Pb akan terbentuk senyawa kompleks apabila ligan memiliki pasangan elektron bebas yang dapat diberikan pada ion logam sebagai atom pusat yang kekurangan elektron (Langan, 2013). Selulosa berperan sebagai ligan karena memiliki gugus aktif hidroksil yang dapat menyumbangkan sepasang elektron bebas pada ion logam sedangkan ion logam berperan sebagai atom pusat dalam pembentukan senyawa kompleks (Wang *et al.*, 2013).

Pada faktor fisik suhu dan pH yang diukur sebelum dan sesudah perlakuan juga mengalami perubahan. Setelah perlakuan, suhu tetap stabil dan pH mengalami kenaikan. Perubahan faktor fisik air limbah batik ini dapat disebabkan terserapnya kandungan zat organik dan logam dalam air batik oleh adsorben sehingga mengalami perubahan nilai setelah dilakukannya perlakuan (Jamilatun dan Setyawan, 2014).

Faktor fisik awal pada limbah cair batik juga mempengaruhi proses penyerapan logam timbal oleh serbuk jerami, yaitu seperti pH, dimana pH

awal limbah cair batik adalah 6 sedangkan kondisi optimal penyerapan Pb pada jerami terjadi pada pH 4 berdasarkan penelitian Safrianti dkk (2012). Berdasarkan Baidho dkk (2013), kapasitas adsorpsi cenderung rendah pada pH rendah dan pH tinggi dikarenakan terjadi kompetisi pada kondisi pH rendah antara ion Pb^{2+} dengan H^+ untuk berikatan dengan permukaan adsorben yang memiliki situs negatif. Sedangkan pada kondisi pH tinggi dapat menyebabkan adanya endapan $Pb(OH)_2$ apabila terjadi reaksi antara Pb^{2+} dengan OH^- , dimana endapan ini dapat menyebabkan terhalangnya proses penyerapan Pb pada gugus aktif serbuk jerami.

Berdasarkan Todorciuc *et al.* (2014), proses adsorpsi tidak hanya dipengaruhi oleh pH, konsentrasi adsorben yang diberikan, dan waktu kontak adsorben dengan adsorbat, melainkan juga pada luas permukaan adsorben, konsentrasi awal logam berat yang terkandung, dan suhu.

SIMPULAN

Kombinasi perlakuan konsentrasi serbuk limbah jerami dan lama waktu kontak yang berbeda mempengaruhi besar penurunan kadar logam berat timbal pada limbah cair batik Sidoarjo, dengan penurunan tertinggi pada perlakuan konsentrasi serbuk jerami 40.000 mg/L selama 180 menit yaitu sebesar 50,35% dengan besar penurunan sebesar 0,143 ppm.

Penelitian selanjutnya diharapkan melakukan uji mutu air limbah batik dengan peningkatan variasi konsentrasi serbuk jerami dan waktu kontak, uji kadar selulosa jerami ditiap varietas untuk melihat kandungan selulosa tertinggi sehingga terdapat hasil perbandingan mutu air limbah batik yang diperlakukan berdasarkan varietas jerami yang digunakan, serta uji toksisitas dengan melihat reaksi fisiologi pada biota.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji BK dan Kurniawan F, 2012. Pemanfaatan Serbuk Biji Salak (*Salacca zalacca*) Sebagai Adsorben $Cr(VI)$ Dengan Metode Batch Dan Kolom. *Jurnal Sains POMITS*, 1(1): 1-6.
- Baidho ZE, Lazuardy T, Rohmania S, dan Hartati I, 2013. Adsorpsi Logam Berat Pb Dalam Larutan Menggunakan Senyawa Xanthate Jerami Padi. *Prosiding SNST ke 4 Tahun 2013*, Semarang.
- Barros JLM, Maedo GR, Duarte MML, Silva EP, dan Lobato, 2003. Biosorption Cadmium Using The Fungus *Aspergillus niger*. *J. Chem*, 20: 1-17.
- Dewi, 2002. Hidrolisis Limbah Hasil Pertanian Secara Enzimatis. *Akta Agrosia*, 5(2): 67-71.
- Hanafi ND, 2008. Teknologi Pengawetan Pakan Ternak. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Hughes MN dan Poole RK, 1984. *Metlas And Microorganism*. London: Chapman and Hall.
- Hunger K, 2003. *Industrial Dyes*. Germany: Wiley-VCH.
- Jamilatun S dan Setyawan M, 2014. Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Asap Cair. *Spektrum Industri*, 12(1): 1-112.
- Kwartiningsih E dan Setiawati N, 2005. Adsorpsi Logam Cu dari Limbah Elektroplating Menggunakan Karbon Aktif dalam Kolom Fixed Bed. *Ekuilibrium*, 4(2): 78-84.
- Langan FR, Hala Y, dan Taba P, 2013. *Biosorpsi Campuran Ion Logam Ni^{2+} , Cu^{2+} dan Zn^{2+} oleh *Nannochloropsis salina* dalam Medium Terkontrol*. <http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/11854/artikel%20q.pdf?sequence=2>. Diunduh tanggal 24 Mei 2015.
- Mohadi R, Saputra A, Hidayati N, dan Lesbani A, 2014. Studi Interaksi Ion Logam Mn^{2+} Dengan Selulosa Dari Serbuk Kayu. *Jurnal Kimia*, 8(1): 1-8.
- Nurdin, 2006. Pengaruh Massa Serbuk Biji *Moringa oleifera* Terhadap Adsorpsi Timbal (II). *Media Eksakta*, 2(2): 077-080.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Safrianti I, Wahyuni N, dan Zaharah TA, 2012. Adsorpsi Timbal (II) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH Dan Waktu Kontak. *JKK*, 1(1): 1-7.
- Sasongko DP, 2010. Identifikasi Unsur Dan Kadar Logam Berat Pada Limbah Pewarna Batik Dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 27: 22-27.
- Todorciuc T, Bulgariu L, And Popa VI, 2014. Adsorption Of Cu (II) From Aqueous Solution On Wheat Straw Lignin: Equilibrium And Kinetic Studies. *Cellulose Chemistry And Technology*, 49(5-6): 439-447.
- Wang J, Wei L, Ma Y, Li K, Li M, Ma N, Feng K, and Wang Y, 2013. Pb^{2+} Adsorption Onto Collagen/Cellulose Hydrogel Beads From Aqueous Solution: Kinetic, Isothermal, and Thermodynamic Analyses. *Desalination and Water Treatment*, XX: XXX-XXX.