

**PEMANFAATAN CANGKANG TELUR *Gallus sp.* SEBAGAI ADSORBEN
KADMIUM (Cd) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK**
*Utilization of The Eggshell *Gallus Sp.* as A Cadmium Adsorbent (Cd) on Liquid Waste of Batik
Industry*

Muhamad Khairi Mahfudz¹, Frida Prasetyo Utami², dan Sigit Fitriyanto³

¹Ilmu dan industri peternakan, Universitas Gadjah Mada

Khairimahfudz@gmail.com

²Biologi, Universitas Gadjah Mada

³Kimia, Universitas Gadjah Mada

Tanggal Masuk: 05 Oktober 2018

Tanggal Revisi: 26 November 2018

Tanggal disetujui: 27 November 2018

ABSTRAK

Limbah cair industri batik diketahui mengandung banyak logam berat salah satunya adalah logam kadmium (Cd) dan logam tersebut dapat mencemari lingkungan perairan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat adsorben yang dapat mengikat kadmium (Cd) pada limbah cair industri menggunakan cangkang telur yang belum dimanfaatkan secara optimal. Pengujian sampel limbah diawali dengan pembuatan kurva standar larutan kadmium (Cd) pada rentang 0; 0,05; 0,1; 0,5; 1; dan 2 ppm. Pengujian efektivitas adsorben cangkang telur (*Eggshell Adsorbent/ELLBENT*) dilakukan dengan metode absorbansi menggunakan alat ICP (*Inductively Coupled Plasma*) pada waktu kontak 30 menit dan penentuan berat optimum adsorben dengan variasi berat 2, 4, 6, 8, dan 10 gram. Hasil penelitian diperoleh kurva standar dengan persamaan garis $y = 4.833.3048x$ dan $R^2 = 0,993$. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel industri A memiliki nilai efektivitas sebesar 87,92% dan industri C sebesar 90,25% pada massa adsorben 6 gram, sedangkan untuk industri B memiliki nilai efektivitas 75,04% pada massa 10 gram. Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa secara umum massa optimum cangkang telur yang dibutuhkan untuk mengikat kadmium adalah 6 gram dengan nilai efektivitas mencapai 90,25%.

Kata kunci : *ELLBENT*, kadmium, limbah cair industri batik,.

ABSTRACT

The liquid waste of the batik industry is known to contain many heavy metals which is cadmium metal (Cd) and the metal can pollute aquatic environment. This study aims to make adsorbents that can bind cadmium to industrial wastewater using eggshell that has not been used optimally. Testing of waste samples begins with the making of a standard curve of cadmium solution in the range of 0; 0.05; 0.1; 0.5; 1; and 2 ppm. The effectiveness test of eggshell adsorbent (ELLBENT) was tested by absorbance method using ICP (Inductively Coupled Plasma) at 30 minutes contact time and determination of optimum weight of adsorbent with variations in weight of 2, 4, 6, 8, and 10 grams. The results of the study obtained a standard curve with the equation of the line $y = 4.833.3048x$ and $R^2 = 0.993$. The test results show the adsorbent results in sample industry A and C for a 6 gram weight having effectiveness value of 87.92% and 90.25%, while sample industry B for a 10 gram weight having effectiveness value of 75.04%. Based on the research, it infers that in general the optimum weight is 6 grams with the effectiveness value reaching 90.25% in binding to cadmium.

Keywords: *cadmium, ELLBENT, liquid waste of batik industry.*

PENDAHULUAN

Sektor industri di Indonesia terus berkembang mulai industri rumah tangga hingga industri besar. Industri yang menghasilkan produk sandang masih menjadi andalan di Indonesia termasuk industri pembuatan batik. Eksistensi keberadaan batik semakin meningkat setelah mendapatkan pengakuan internasional dari UNESCO pada tahun 2009. Indonesia terus berupaya untuk meningkatkan pendapatan negara dengan menjadi *market leader* yang menguasai pasar batik dunia. Tercatat dari data Kementerian Perindustrian angka pendapatan ekspor batik dan produk batik sampai dengan semester I-2017 mencapai USD 39,4 juta atau setara Rp 527 miliar dengan tujuan pasar utama ke Jepang, Amerika Serikat (AS), dan Eropa (Situmorang, 2017).

Pada proses pembuatan batik melibatkan bahan kimia yang mengandung unsur logam berat. Logam berat yang ditemukan salah satunya adalah kadmium (Riwayati, Purwanto, & Suwardiyono, 2014). Kadmium (Cd) merupakan logam berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah makhluk hidup. Logam kadmium (Cd) akan terakumulasi di dalam ginjal dan hati terutama terikat sebagai *metallothionein*. *Metallothionein* mengandung asam amino sistein, dimana kadmium (Cd) terikat dengan gugus sulfhidril (-SH) dalam enzim karboksil sisteinil, histidil, hidroksil dan fosfatil dari protein dan purin. Kemungkinan besar pengaruh toksisitas kadmium (Cd) disebabkan oleh interaksi antara kadmium (Cd) dan protein tersebut yang menimbulkan hambatan terhadap aktivitas kerja enzim (Darmono, 1995).

Logam berat yang mencemari perairan dapat diatasi dengan cara pengendapan

secara kimia, *ion exchange*, pemisahan dengan membran, elektrolisa, dan ekstraksi dengan solvent (Das, Karthika, Vimala, & Vinodhini, 2008). Cara diatas kurang efektif bila diaplikasikan pada limbah dengan pencemaran rendah serta biaya untuk melakukan kegiatan tersebut cukup mahal. Langkah lain yang lebih efisien dan murah dalam proses pengolahan limbah yang memiliki kandungan logam berat adalah dengan proses adsorpsi. Proses ini lebih direkomendasikan untuk pengolahan limbah cair yang mengandung logam berat dengan konsentrasi rendah (Fernando, Monteiro, Pinto, & Mendes, 2009). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah menyebutkan bahwa kandungan kadmium (Cd) yang diperbolehkan pada golongan I sebesar 0,05 mg/L dan pada golongan II sebesar 0,1 mg/L. Dalam hal ini limbah cair industri batik berada pada golongan II. Berdasarkan Permenkes RI Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum menyebutkan bahwa kandungan maksimal kadmium dalam air minum sebesar 0,003 mg/L (Kemenkes, 2010).

Limbah cangkang telur ayam (*Gallus* sp.) merupakan limbah rumah tangga yang banyak dihasilkan namun pemanfaatannya belum optimal. Kandungan terbesar cangkang telur adalah kalsium karbonat (CaCO_3), dimana kalsium karbonat ini termasuk ke dalam adsorben polar (Hajar, Sitorus, Mulianingtiyas, & Welan, 2018). (Godelitsas, Astilleros, Hallam, Löns, & Putnis, 2003) menyatakan bahwa kalsium karbonat berinteraksi kuat dengan beberapa ion logam *divalent* (M^{2+}), penghilangan ion logam dalam larutan dapat dilakukan dengan adsorpsi. Produksi telur di Indonesia yang cukup tinggi membuat cangkang telur sangat potensial untuk dimanfaatkan lebih

optimal. Produksi telur ayam di Indonesia pada tahun 2017 sebesar 1.527.134 ton (BPS, 2017). Adsorben yang biasa digunakan untuk proses adsorpsi diantaranya adalah karbon aktif, alumina aktif, gel silika, dan zeolit. (Igwe & Abia, 2006) menyebutkan bahwa karbon aktif hanya dapat menghilangkan sekitar 30-40 mg/g Cd, Zn, dan Cr serta termasuk adsorben yang tidak bisa diregenerasi. Sedangkan adsorben selain karbon aktif yaitu alumina aktif, gel silika, dan zeolit juga masih kurang efektif dan relatif mahal. Oleh sebab itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk menguji efektivitas penyerapan logam kadmium oleh adsorben cangkang telur ayam (*Gallus sp.*) dengan mengambil sampel air limbah industri batik sehingga dapat menjadi solusi adsorben yang lebih efektif, murah, dan ramah lingkungan.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan utama yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi sampel limbah cair industri batik dan cangkang telur ayam (*Gallus sp.*). Bahan lain yang dibutuhkan meliputi larutan kadmium standar 1000 ppm; larutan HCl 0,1 M; Indikator pH; kertas saring; air bebas mineral; asam nitrat (HNO_3) pekat p.a.; gas asetilen (C_2H_2) HP dengan tekanan minimum 100 psi; larutan pengencer HNO_3 0,05M; larutan pencuci HNO_3 5% (v/v). Sampel limbah cair industri batik yang diambil dari tiga lokasi industri pembuatan batik di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini berupa sampel limbah fiksasi proses pewarnaan dan sampel limbah campuran dari seluruh proses pembuatan batik. Pengambilan sampel limbah cair industri batik dilakukan sebanyak satu kali.

Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi gelas ukur 10 ml; *hot plate*; *magnetic stirrer*; batang pengaduk; alu dan mortar; ayakan 120 mesh; *shieve shaker*; ICP (*Inductively Coupled Plasma*); oven; botol sampel; stopwatch dan gunting; lampu katoda berongga (*Hollow Cathode Lamp/HCL*) kadmium; gelas piala 100 ml dan 250 ml; pipet volumetrik 10 ml dan 50ml; labu ukur 50 ml; 100 ml; dan 1000ml; erlenmeyer 100 ml; corong gelas; kaca arloji; dan timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001g.

Variabel Penelitian

Pada penelitian ini digunakan dua variabel yaitu variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap yang digunakan yaitu waktu kontak selama 30 menit dan ukuran adsorben sebesar 120 mesh. Variabel bebas yang digunakan berupa massa adsorben 2, 4, 6, 8, dan 10 gram.

Tahapan Penelitian

Penelitian Pemanfaatan Cangkang Telur *Gallus Sp.* sebagai Adsorben Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Industri Batik dilakukan dalam tahapan sebagai berikut:

1. Pembuatan adsorben cangkang telur
Cangkang telur ayam ras (*Gallus sp.*) dicuci bersih, direndam dalam air panas ($T = 90-100^\circ\text{C}$) selama 30 menit, dijemur dibawah sinar matahari sampai kering, kemudian dihaluskan hingga menjadi bubuk dengan blender, alu, dan mortar. Bubuk cangkang telur di oven selama 120 menit pada suhu 90°C kemudian diayak menggunakan ayakan 120 mesh.
2. Aktivasi adsorben secara kimia
Adsorben direndam dalam larutan HCl 0,1 M selama 24 jam., kemudian ditiriskan, disaring dan dibilas dengan

akuades hingga tercapai pH netral (pH 7). Setelah netral kemudian dioven selama 180 menit pada suhu 100°C.

3. Pembuatan kurva standar

Alat ICP dioperasikan dan dioptimalkan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengukuran kadmium. Larutan blanko diaspirasikan ke dalam ICP-nyala kemudian diatur serapannya hingga nol. Larutan kerja (larutan standar Cd) diaspirasikan satu persatu ke dalam ICP-nyala, lalu ukur serapannya pada panjang gelombang 214,438; 226,502; dan 228,802 nm, kemudian dicatat hasilnya. Larutan kerja dibuat dengan mengencerkan larutan kadmium standard 1000 ppm menjadi 5 konsentrasi berbeda yaitu 0,05; 0,1; 0,5; 1; 2 ppm. Pembilasan dilakukan pada selang aspirator dengan larutan pengencer. Kurva standar dibuat dari hasil data adsorbansi sehingga persamaan garis lurus dapat ditentukan.

4. Uji kadmium total pada sampel limbah

Sampel dihomogenkan, kemudian sebanyak 50 ml sampel dimasukkan ke dalam gelas piala 100 ml atau erlenmeyer 100 ml menggunakan pipet. Sebanyak 5 ml HNO₃ pekat ditambahkan, apabila menggunakan gelas piala maka ditutup dengan kaca arloji dan bila dengan erlenmeyer digunakan corong sebagai penutup. Secara perlahan-lahan dipanaskan sampai sisa volumenya antara 15-20 ml. Jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka ditambahkan 5 ml HNO₃ pekat, kemudian gelas piala ditutup dengan kaca arloji atau enlemeyer ditutup dengan corong dan panaskan lagi (tidak mendidih). Proses ini dilakukan secara berulang sampai semua logam larut yang terlihat dari warna endapan dalam contoh uji

menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih. Kaca arloji dibilas dan dimasukkan air bilasannya ke dalam gelas piala. Sampel dipindahkan kedalam labu ukur 50 ml (disaring bila perlu) dan ditambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera dan dihomogenkan. Sampel limbah kemudian diuji serapannya dengan metode adsorbansi menggunakan alat ICP.

5. Uji efektivitas adsorben pada sampel limbah

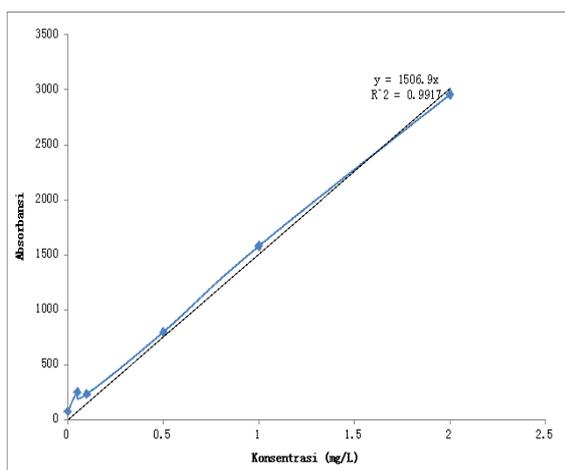
Sampel limbah sebanyak 50 ml dimasukkan ke dalam gelas piala 100 ml dan ditambahkan adsorben dengan variasi massa 2; 4; 6; 8; dan 10 gram lalu dihomogenkan. Sampel yang telah ditambahkan didiamkan selama 30 menit kemudian disaring ke dalam erlenmeyer. Filtrat sampel limbah ditambahkan 5 ml HNO₃ lalu dipanaskan sampai sisa volumenya antara 15-20 ml. Jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka ditambahkan 5 ml HNO₃ pekat, kemudian gelas piala ditutup dengan kaca arloji atau tutup erlenmeyer dengan corong dan panaskan lagi (tidak mendidih). Proses ini dilakukan secara berulang sampai semua logam larut yang terlihat dari warna endapan dalam contoh uji menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih. Kaca arloji dibilas dan dimasukkan air bilasannya ke dalam gelas piala. Sampel dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml (disaring bila perlu) dan ditambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera dan dihomogenkan. Sampel limbah kemudian diuji serapannya dengan metode adsorbansi menggunakan alat ICP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk melihat efektivitas adsorben dengan mengetahui massa adsorben optimum dalam menyerap logam kadmium (Cd) pada limbah industri batik. Penentuan konsentrasi Cd dalam sampel limbah diukur menggunakan ICP (*Inductively Coupled Plasma*). Konsentrasi Cd pada limbah industri batik mula-mula akan dibandingkan dengan konsentrasi Cd pada limbah industri batik setelah ditambahkan adsorben cangkang telur lalu dihitung efektivitasnya. Hasil uji yang diperoleh disajikan sebagai berikut.

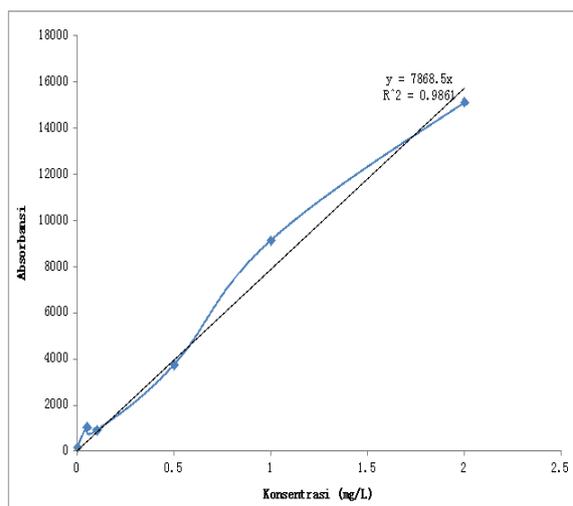
Tabel 1. Kurva standar kadmium

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi		
	214,438 nm	226,502 nm	228,802 nm
0	73,57	142,91	158,63
0,05	248,52	1044,81	743,61
0,1	229,6	918,7	657,66
0,5	794,05	3745,49	2490,34
1	1580,09	9131,11	5144,67
2	2958,79	15129,91	9471,24

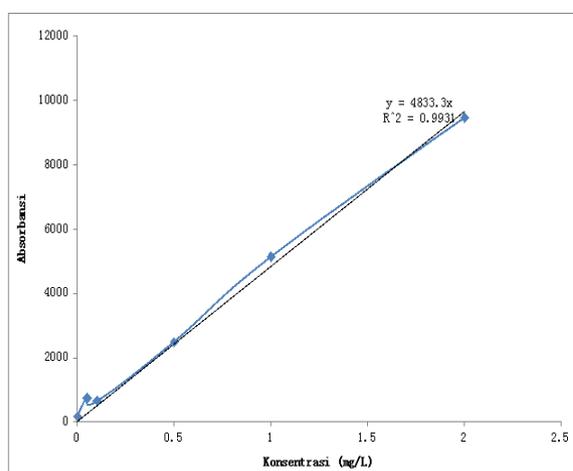


Gambar 1. Kurva standar Cd pada 214,438 nm

Pada Gambar 1, 2, dan 3 dapat diamati bahwa kurva standar yang paling mendekati nilai 1 (satu) adalah pada Gambar 3. Jika



Gambar 2. Kurva standar Cd pada 226,502 nm



Gambar 3. Kurva standar Cd pada 228,802 nm

nilai R^2 semakin mendekati nilai 1 (satu) maka pengukuran yang dilakukan semakin akurat, sehingga persamaan garis lurus pada Gambar 3 yaitu $y=4.833,3048x$ digunakan untuk menentukan konsentrasi pada sampel dengan y adalah adsorbansi dan x adalah konsentrasi (mg/L).

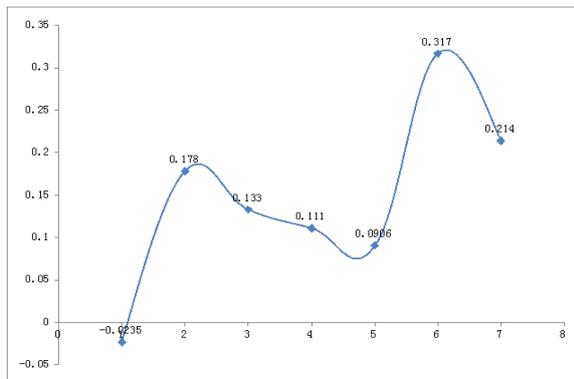
Uji kadmium total pada sampel limbah

Sampel yang digunakan berupa sampel limbah pada saat fiksasi pewarnaan dan sampel limbah campuran industri pembuatan batik. Hasil pengujian kadmium

total pada sampel limbah industri batik disajikan di Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 2. Konsentrasi logam Cd di tiga lokasi industri batik di Provinsi DIY

No	Sampel	Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)
1	Blangko	169,12	-0,023
2	Industri A (campuran)	1105	0,178
3	Industri A (fiksasi)	896,89	0,133
4	Industri B (campuran)	794,37	0,111
5	Industri B (fiksasi)	699,28	0,090
6	Industri C (campuran)	1753,21	0,317
7	Industri C (fiksasi)	1271,64	0,214



Gambar 4. Konsentrasi logam Cd pada berbagai Industri batik di Provinsi DIY

Berdasarkan data di atas menunjukkan bahwa secara umum limbah campuran memiliki konsentrasi logam kadmium (Cd) lebih besar dibandingkan dengan limbah fiksasi pada industri batik. Pada pengujian selanjutnya dalam penelitian ini dilakukan pada sampel limbah campuran.

Efektivitas adsorben cangkang telur terhadap adsorpsi kadmium (Cd)

Adsorben cangkang telur diuji efektivitasnya dalam menyerap kadmium (Cd) dengan menggunakan variasi berat 2; 4; 6; 8; 10 gram dan waktu kontak selama 30 menit. (Larasati, Susanawati, & Suharto, 2016), efektivitas adsorpsi logam dapat dianalisa dengan menghitung efektivitas penurunan (Ef) yaitu kandungan logam berat awal (Yi) dikurangi dengan kandungan logam berat akhir (Yf) per kandungan logam berat awal (Yi) dalam mg/L seperti pada persamaan dibawah ini :

$$Ef (\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Tabel 3. Efektivitas adsorpsi logam kadmium (Cd)

Berat (g)	Sampel	Yi (mg/L)	Yf (mg/L)	Efektivi-tas (%)
2	Industri A	0.178	0.230	-29.213
	Industri B	0.111	0.035	68.468
	Industri C	0.317	0.194	38.801
4	Industri A	0.178	0.035	80.112
	Industri B	0.111	0.031	71.441
	Industri C	0.317	0.129	59.305
6	Industri A	0.178	0.021	87.921
	Industri B	0.111	0.097	12.072
	Industri C	0.317	0.030	90.252
8	Industri A	0.178	0.051	71.235
	Industri B	0.111	0.093	15.855
	Industri C	0.317	0.172	45.741
10	Industri A	0.178	0.118	33.707
	Industri B	0.111	0.027	75.045
	Industri C	0.317	0.115	63.722

Keterangan:
 Yi= Kandungan logam berat awal (mg/L)
 Yf = Kandungan logam berat akhir (mg/L)

Hasil perhitungan efektivitas adsorpsi kadmium (Cd) oleh adsorben cangkang telur dapat dilihat pada Tabel 3. Data di Tabel 3 menunjukkan bahwa bahwa penyerapan maksimum dari adsorben cangkang telur (*ELLBENT*) secara umum efektif pada berat 6 gram yaitu untuk sampel industri A nilai efektivitas sebesar 87,92% dan industri C sebesar 90,25%, sedangkan untuk industri B efektif pada berat 10 gram dengan nilai efektivitas 75,04%. Setelah menggunakan *ELLBENT*, konsentrasi logam Cd pada limbah industri batik menurun hingga 90,25% dari mula-mula yaitu dari 0,317 mg/L menjadi 0,0309 mg/L. apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Gultom dan Lubis (2014) yang menyebutkan bahwa efektivitas karbon aktif dalam menyerap logam Cd adalah sebesar 81,2%, maka dapat dikatakan bahwa *ELLBENT* lebih optimal dalam menyerap Cadmium.

Berdasarkan hasil penelitian, produk *ELLBENT* mampu menurunkan konsentrasi logam Cd pada limbah industri batik sehingga diperoleh limbah industri yang sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah pada Kadmium (Cd) yang diperbolehkan pada golongan I sebesar 0,05 mg/L dan pada golongan II sebesar 0,1 mg/L (KLH, 2014).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa adsorben cangkang telur (*ELLBENT*) mampu menurunkan konsentrasi logam kadmium (Cd) pada limbah industri batik dengan efektivitas mencapai 90,25% dengan massa optimum 6 gram. Hal ini menunjukkan bahwa *ELLBENT* dapat

diterapkan secara lebih luas khususnya pada industri batik.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap efektivitas adsorben cangkang telur (*ELLBENT*) pada kondisi berbagai macam variasi pH limbah serta dilakukan penerapan *ELLBENT* di industri batik

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Nurliyani, MS. selaku dosen pembimbing, LPPT Universitas Gadjah, Lilin Indrayani, M.Si dan Balai Besar Kerajinan dan Batik Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2017). Produksi Telur Ayam Petelur Menurut Provinsi (Ton). Retrieved July 14, 2018, from <https://www.bps.go.id/>
- Darmono. (1995). *Logam Dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Das, N., Karthika, P., Vimala, R., & Vinodhini, V. (2008). Use of Natural Products as Biosorbent of Heavy Metals : an Overview. *Natural Product Radiance*, 7(2), 133–138.
- Fernando, A., Monteiro, S., Pinto, F., & Mendes, B. (2009). Production of Biosorbents from Waste Olive Cake and Its Adsorption Characteristics for Zn²⁺ ion. *Sustainability*, 1(2), 277–297.
- Godelitsas, A., Astilleros, J. M., Hallam, K. R., Löns, J., & Putnis, A. (2003). Microscopic and Spectroscopic Investigation of The Calcite Surface Interacted with Hg (II) in Aqueous Solutions. *Mineralogical Magazine*, 67(6), 1193–1204.
- Gultom, E. M., & Lubis, M. T. (2014). Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivator H₃PO₄ untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(1), 5–

10.
Hajar, E. W. I., Sitorus, R. S., Mulianingtias, N., & Welan, F. J. (2018). Efektivitas Adsorpsi Logam Pb²⁺ Dan Cd²⁺ Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam. *Konversi*, 5(1), 1–7.
- Igwe, J., & Abia, A. A. (2006). A Bioseparation Process for Removing Heavy Metals from Waste Water using Biosorbents. *African Journal of Biotechnology*, 5(11), 1167–1179.
- Kemenkes. (2010). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta.
- KLH. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta.
- Larasati, A. I., Susanawati, L. D., & Suharto, B. (2016). Efektivitas Adsorpsi Logam Berat pada Air Lindi menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit, dan Silika Gel di TPA Tlekung, Batu. *Jurnal Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 2(1), 44–48.
- Riwayati, I. H., Purwanto, I., & Suwardiyono, H. (2014). Adsorpsi Logam Berat Timbal Dan Kadmium Pada Limbah Batik Menggunakan Biosorben Pulpa Kopi Terxanthasi. *Prodising Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2014*, 1–8.
- Situmorang, A. P. (2017). Bidik pasar dunia, ekspor batik RI di semester I 2017 capai 527miliar. Retrieved October 27, 2017, from <https://www.merdeka.com/uang/bidik-pasardunia-ekspor-batik-ri-di-semester-i2017-capai-rp-527miliar.html>.