

Penjerapan Logam Cu dan Cd pada Limbah Cair Batik Menggunakan Adsorben dari Limbah Tulang Ayam

Adsorption of Cu and Cd Metals in Batik Liquid Waste Using Adsorbents from Chicken Bone Waste

Elisa Puspita Anggraeni ¹, Fithnatia Khoirunnisa ¹, Agus Aktawan ^{1*}

¹ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Daerah Istimewa Yogyakarta, Jln. Jend. Ahmad Yani, Tamanan, Banguntapan, Bantul, 55191

*Corresponding Author: agus.aktawan@che.uad.ac.id

ABSTRAK: Proses produksi batik dari awal hingga proses penyempurnaan diindikasikan menggunakan bahan kimia yang mengandung unsur logam berat, sehingga limbahnya juga masih mengandung unsur logam berat tersebut. Limbah cair dari produksi batik perlu diolah dengan baik, agar limbah cair tersebut tidak memberikan dampak buruk atau mencemari lingkungan. Limbah batik memiliki sifat karsinogenik karena pewarna sintesis yang digunakan masih banyak mengandung logam berat. Pencemaran logam berat menyebabkan kerusakan lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan. Tulang ayam dapat digunakan sebagai adsorben logam berat karena secara kimia komposisi utama mengandung sekitar 85% mineral yaitu kalsium karbonat, kalsium fosfat, dan magnesium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arang tulang ayam mampu menyerap warna dari biru tua menjadi kuning jernih, penurunan pH dari 12 menjadi pH 7 dan penurunan kandungan logam Cu sebesar 50,19% dan logam Cd sebesar 19,36%. Kandungan logam hasil adsorpsi telah memenuhi persyaratan limbah dengan SNI 6889.67-2009 untuk logam Cu <0,003 mg/l dan SNI 6989.16:2009 untuk logam Cd <0,01 mg/l.

Kata kunci : Tulang Ayam; Limbah Cair Batik; Adsorben; Logam Cu dan Cd

ABSTRACT: From the beginning to the refinement process, the batik production process is indicated using chemicals that contain heavy metal elements so that the waste also still contains these heavy metal elements. If the waste material is not treated correctly, then the waste material can pollute the environment. Batik waste has carcinogenic properties because synthetic dyes still contain many heavy metals. Heavy metal pollution causes environmental damage and is dangerous to health. Chicken bones can be used as heavy metal adsorbents because, chemically, the main composition contains about 85% of minerals: calcium phosphate, 14% calcium carbonate, and 1% magnesium. The results showed that the chicken bone charcoal could adsorb the color from deep blue to clear yellow, a decrease in pH from 12 to pH 7, and a decrease in Cu metal content decrease by 50.19% and 19.36% for Cd metal. The metal content of the adsorption results has met the waste requirements with SNI 6889.67-2009 for Cu metal <0.003 mg/l and SNI 6989.16:2009 for Cd metal <0.01 mg/l.

Keywords: Adsorbent; Batik Liquid Waste; Chicken Bone; Cu and Cd metals

1. PENDAHULUAN

Batik merupakan salah satu karya seni dan budaya yang dimiliki Indonesia. Batik adalah selembar kain yang dilukis dengan lilin atau malam menggunakan alat bernama canting, namun di era modern seperti ini sudah banyak pengrajin batik

yang menggunakan proses cetak. Industri batik di Yogyakarta mendukung pertumbuhan perekonomian, dimana industri batik ini tidak terlepas dari optimasi perkembangan digitalisasi dalam revolusi industri 4.0. Pertumbuhan perekonomian industri batik di Yogyakarta

didukung oleh potensi bonus demografi. (Tanjung *et al.*, 2019).

Dari banyaknya batik yang dihasilkan dan digunakan oleh semua elemen masyarakat dengan segala keindahannya terdapat beberapa hal yang tidak diperhatikan oleh masyarakat. Hal tersebut menimbulkan dampak yang besar salah satunya menimbulkan masalah lingkungan. Pada proses produksi batik, mulai dari persiapan hingga proses penyempurnaan terdapat tambahan bahan kimia yang mengandung unsur logam berat, dimana logam berat ini akan terakumulasi di limbah cair produksi batik. Didapatkan bahwa dalam proses pewarnaan batik, baik pewarna dasar maupun pewarna lanjut, digunakan bahan kimia yang sangat berbahaya dan beracun. (Setiyono and Gustaman, 2017; Indrayani, 2018; Zammi, Rahmawati and Nirwana, 2018). Berbagai macam unsur kimia dan logam berat yang terdapat dalam limbah batik seperti Cadmium (Cd), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), Chromium (Cr), dan Tembaga (Cu) (Sudarja, Diharjo and Caroko, 2011). Hal ini dapat dicegah dengan memproses limbah industri sebelum dibuang ke lingkungan. Sehingga limbah tidak tercemar, limbah harus memenuhi standar yang telah ditetapkan. Pendapat tersebut diperkuat oleh Alloway (1995) yang menjelaskan bahwa logam berat dalam tanah bukan hanya meracuni tanaman dan organisme, tetapi dapat berimplikasi pada pencemaran lingkungan (Alloway, 2012). Ada beberapa cara pengolahan limbah

salah satunya dengan cara adsorpsi (Maryudi, Aktawan and Amelia, 2021). Pengambilan molekul oleh permukaan luar atau dalam padatan adsorben atau permukaan larutan dikenal sebagai adsorpsi. Salah satu adsorben yang dapat digunakan untuk menyerap logam berat adalah limbah tulang hewan. Secara kimia komposisi tulang utamanya mengandung kira-kira 85% mineral adalah kalsium fosfat, 14% kalsium karbonat dan 1% magnesium (Amalia *et al.*, 2017). Akibatnya, serbuk tulang hewan memiliki kemampuan untuk berfungsi sebagai adsorben untuk menyerap ion logam berat di lingkungan perairan. Karena konsumsi daging ayam di restoran umum dan tempat makan cepat saji sangat tinggi, penggunaan ini dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan. Tulang ayam ini juga tidak bernilai secara moneter.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah *furnace*, saringan *mesh* 140, kertas ph, magnetic stirrer, propipet, timbangan digital, kertas saring whatman no. 42, oven, desikator.

Bahan yang digunakan terdiri dari limbah tulang ayam yang berasal dari beberapa rumah makan yang berada di lingkungan kampus 3 Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta, limbah cair batik didapatkan dari tempat pembuatan Batik yang berada di Jl. Tirtodipuran No. 48

Mantrijeron, Kec. Mantrijeron, Kota Yogyakarta, HCl 2 M dan aquades.

2.2 Prosedur

Prosedur penelitian terdiri dari proses pembuatan adsorben dan karakterisasi arang aktif tulang ayam.

2.2.1. Proses Pembuatan Adsorben

Tahap pertama tulang ayam dicuci bersih dan dipisahkan dari dagingnya lalu, dilanjutkan tahap dehidrasi. Tahap dehidrasi dilakukan dengan pengeringan cahaya matahari selama satu hari dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 100 °C selama 60 menit. Tulang ayam yang telah dioven dan kering, dikarbonisasi menggunakan *furnace* dengan suhu 400°C selama ± 1 jam. Arang tulang ayam disimpan didalam desikator agar dingin dan kering. Didiamkan hingga arang tulang ayam dingin, kemudian dipisahkan arang tulang ayam dari abu dengan cara diayak. Arang tulang ayam kemudian digerus agar ukurannya menjadi butiran dan ditimbang arang yang dihasilkan. Proses selanjutnya merupakan aktivasi kimia, yaitu dengan memasukan arang tulang ayam ke dalam gelas kimia, kemudian ditambahkan HCl 2 M didiamkan selama 24 jam. Dilanjutkan dengan proses penyaringan menggunakan kertas saring. Arang aktif kemudian dicuci hingga pH netral dan dipanaskan dalam oven pada suhu 100 °C selama 1 jam. Kemudian arang dimasukkan ke dalam desikator dan arang aktif tulang ayam siap untuk dikarakterisasi.

2.2.2. Karakterisasi Arang Aktif Tulang Ayam

Bahan adsorben harus memenuhi standar kualitas yang tercantum dalam SNI dengan Nomor 06.3730.1995, yang mencakup uji coba [8]:

- Kadar air

Pada tahap pengujian kadar air, sampel yang akan diuji dipanaskan dalam oven hingga kering pada suhu 100 °C, didinginkan dalam desikator selama sepuluh menit, dan kemudian ditimbang untuk mengetahui nilai kadungan airnya [8].

$$\text{Kandungan Air (\%)} = \frac{w1 - w2}{w1} \times 100\%$$

Keterangan: W1= Bobot sampel sebelum pemanasan

W2= Bobot sampel setelah pemanasan

- Rendemen

Persamaan yang digunakan untuk menentukan besar rendemen antara lain [8]:

$$\text{rendemen} = \frac{\text{berat setelah dikeringkan}}{\text{berat mula} - \text{mula}} \times 100\%$$

- Uji kadar abu

Tulang ayam yang sudah di dalam oven pada suhu 100 °C hingga kering dan didinginkan dalam desikator selama 15 menit. Kemudian arang tulang ditimbang sebanyak 1 gram dan di *furnace* pada suhu 400 °C selama 1 jam dan didesikator selama 15 menit. Lakukan berulang hingga beratnya konstan dan dihitung dengan rumus [8]:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{berat abu total}}{\text{berat contoh awal}} \times 100\%$$

2.3 Analisis Pengaruh Waktu Kontak Adsorben dengan Limbah Cair Batik

Setelah arang aktif disaring dengan pengayak berukuran 140 mesh, masing-masing ukuran ditimbang sebanyak 3 gram. Kemudian, larutan sampel limbah batik dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi 75 mililiter larutan, dan diaduk dengan magnetic stirrer selama 30 menit dengan kecepatan 300 rpm. Setelah larutan disaring, hasil filtratnya dianalisis dengan AAS di laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Eksperimen pengadukan dengan magnetic stirrer diulangi dengan interval waktu 90 menit dan 150 menit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembuatan dan Karakterisasi Adsorben

Proses karbonisasi adalah pemecahan senyawa organik kompleks menjadi karbon sederhana. Pada proses karbonisasi, unsur-unsur selain karbon seperti hidrogen dan oksigen dibebaskan dalam bentuk gas. Suhu sangat penting pada proses karbonisasi, karena pada suhu tertentu akan menghasilkan senyawa yang berbeda pada suhu 400-600 °C akan menghasilkan senyawa karbon (arang) (Siahaan, Hutapea and Hasibuan, 2013). Proses karbonisasi ini dilakukan menggunakan *furnace*. Proses ini bertujuan untuk memperoleh arang dengan kemurnian yang tinggi dan untuk menguapkan senyawa dalam karbon.

Pada penelitian ini, suhu 400 derajat Celcius digunakan untuk mengarangkan tulang ayam. Suhu ini juga digunakan untuk mendorong pengotor dan hidrokarbon yang dihasilkan dari karbonisasi keluar dari pori arang, meningkatkan volume pori arang.

Pada umumnya, arang hasil karbonisasi memiliki daya adsorpsi rendah, sehingga untuk mendapatkan arang yang mempunyai daya adsorpsi tinggi, maka dilakukan proses aktivasi (Maryudi, Aktawan and Amelia, 2021). Proses ini memperlakukan arang untuk memperbesar pori dengan memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan. Ini mengubah sifat fisika dan kimia arang, meningkatkan luas permukaannya dan meningkatkan daya adsorpsi. Bentuk dari arang aktif terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arang aktif yang diayak

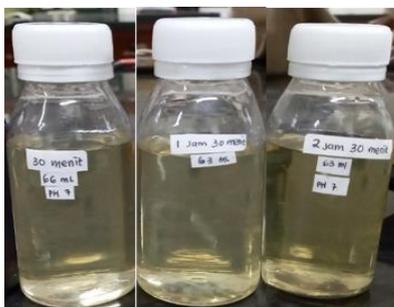
Hasil dari perhitungan karakterisasi berdasarkan SNI dengan Nomor 06.3730.1995 tentang baku mutu adsorben dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi arang aktif

Uraian	Hasil	SNI 06.3730.1995
Kadar Air	9,27%	Maks. 15%
Rendemen	56,83%	-
Kadar Abu	11,97%	Maks. 10%
Bagian yang tidak mengarang	0	0

3.2. Perbandingan Penampakan Hasil Adsorpsi dengan Hasil Pengolahan Limbah di Industri Batik

Sampel limbah cair batik yang digunakan untuk proses adsorpsi merupakan limbah campuran indigosol dan naphtol yang merupakan zat yang digunakan dalam pewarnaan batik. Selanjutnya, limbah cair batik sebanyak 75 ml yang diberi arang aktif sebanyak 3 gr diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 300 rpm. Hasil sampel yang telah diadsorpsi dapat dilihat bahwa terjadi penyerapan warna dari limbah cair batik yang berwarna biru pekat menjadi berwarna kuning jernih. Hal tersebut menunjukkan bahwa adsorben dapat menyerap warna pada limbah cair batik. Hasil sampel limbah batik yang telah diadsorpsi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Limbah setelah adsorpsi

3.3. Kadar Logam Cu dan Cd Sebelum dan Sesudah Adsorpsi

Hasil uji kadar logam Cu dan Cd yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Kadar logam Cu di limbah

Sampel	Kadar Cu (mg/l)	pH
Indigosol+naphtol (Awal)	0,0265	12
Penampungan 2	0,1064	5
Penampungan 3	0,0478	5
Penampungan 4	0,0308	5
Penampungan 5	0,0152	7

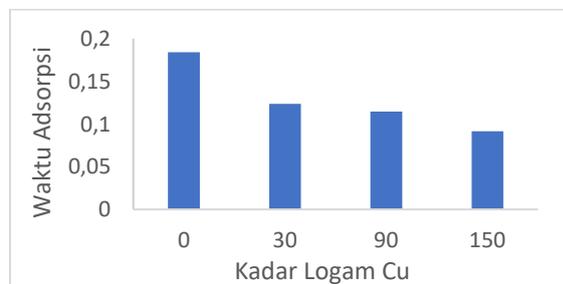
Tabel 3. Kadar logam Cd di limbah

Sampel	Kadar Cu (mg/l)	pH
Indigosol+naphtol (Awal)	0,0155	12
Penampungan 2	0,0087	5
Penampungan 3	0,0097	5
Penampungan 4	0,0090	5
Penampungan 5	0,0039	7

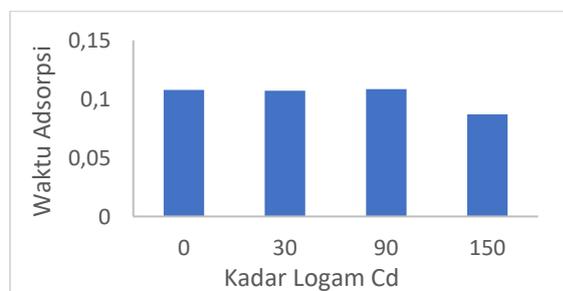
Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa pengolahan yang ada di batik Plentong telah sesuai karena kadar logam Cu dan Cd yang berada di setiap bak penampungan dari bak penampungan 2 hingga bak penampungan 5 mengalami penurunan sebanyak 85,71% dan 55,17%. Kadar logam pada bak penampungan 5 telah memenuhi syarat limbah dengan uji SNI 6889.67-2009 untuk kadar logam Cu <0,03 mg/l dan uji SNI 6989.16:2009 untuk kadar logam Cd <0,01 mg/l. Pada pengolahan juga terlihat perubahan pH dari asam menjadi netral. Hal ini dikarenakan oleh penambahan air pada bak penampungan 5. Sehingga kadar

logam Cu, Logam Cd dan pH dari limbah terjadi perubahan yang tinggi dibandingkan bak penampungan sebelumnya.

Limbah batik campuran indigosol dan naphtol yang telah diadsorpsi menggunakan arang aktif tulang ayam juga diuji kadar logam Cu, logam Cd dan pH. Hasil sampel yang telah diadsorpsi diukur menggunakan alat Spektrofotometri AAS dan dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Hubungan kandungan logam Cu terhadap waktu adsorpsi



Gambar 4. Hubungan kandungan logam Cd terhadap waktu adsorpsi

Dari gambar 3 dan gambar 4 diatas dapat diketahui bahwa pH dari larutan yang semula 12 berubah menjadi 7. Hal tersebut menunjukkan bahwa arang aktif tulang ayam dapat menetralkan pH dari limbah cair batik campuran indigosol dan naphtol. Pada awal mula proses adsorpsi terdapat 75 ml sampel namun pada hasil

limbah cair mengalami penurunan volume. Hal ini disebabkan karena ada beberapa ml sampel yang terserap oleh adsorben dan beberapa terserap oleh kertas saring. Kadar logam hasil adsorpsi dengan variasi waktu 30 menit, 90 menit dan 150 menit telah memenuhi syarat limbah dengan uji SNI 6889.67-2009 untuk kadar logam Cu <0,03 mg/l dan uji SNI 6989.16:2009 untuk kadar logam Cd <0,01 mg/l. Dari tabel juga dapat diketahui penurunan kadar logam Cu sebanyak 50,19% dan penurunan kadar logam Cd sebanyak 19,36%.

Menurut Ade Apriliani, pada tahun 2010 hasil percobaan yang dilakukan terhadap ion logam Cu dan Cd dengan kadar awal sebesar 1,4 mg/l dan 3,0 mg/l dengan menggunakan arang aktif yang berasal dari ampas tebu dengan berat adsorben sebanyak 1,5 g yang dimasukkan dalam larutan limbah sebanyak 10 ml dan waktu pengadukan selama 30 menit dengan pemanasan, dapat menurunkan kadar logam Cu menjadi 0,1 mg/l dan Cd menjadi 1,13 mg/l. Hasil tersebut terlihat lebih baik dikarenakan penggunaan adsorben yang digunakan lebih banyak.

Penggunaan adsorben menggunakan limbah tulang ayam dan menggunakan ampas tebu keduanya sama-sama dapat menurunkan kadar logam Cu dan Cd. Dari Gambar 3 dan Gambar 4 hasil percobaan dengan menggunakan adsorben tulang ayam dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu kontak antara limbah dengan arang

aktif kadar logam Cu dan Cd akan semakin berkurang. Pada waktu 90 menit untuk kadar logam Cd mengalami sedikit kenaikan sebanyak 0,0001 mg/l.

KESIMPULAN

Arang tulang ayam yang telah teraktivasi merupakan adsorben alternatif yang bisa digunakan untuk penjerapan yang cukup bagus dan efektif terhadap limbah cair batik terutama logam Cu dan Cd, bisa digunakan juga untuk menetralkan pH, mengurangi bau dan warna. Semakin lama waktu kontak antara adsorben dengan limbah cair batik maka konsentrasi logam semakin berkurang. Kadar logam Cu berkurang sebanyak 0,0013 mg/l dan Cd sebanyak 0,003 mg/l dari sampel awal dengan waktu pengadukan 150 menit. Semakin besar konsentrasi limbah cair batik, maka waktu yang diperlukan untuk mencapai daya serap maksimum semakin besar juga. Faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah ukuran butir adsorben, waktu adsorpsi, kecepatan pengadukan, serta konsentrasi logam Cu dan Cd limbah cair batik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Universitas Ahmad Dahlan yang telah menunjang penelitian kami berupa laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

Alloway, B.J. (2012) *Heavy Metals in Soils*. 2nd edn. Edited by B.J. Alloway.

- Springer Dordrecht.
- Amalia, V. *et al.* (2017) 'Potensi Pemanfaatan Arang Tulang Ayam Sebagai Adsorben Logam Berat Cu Dan Cd', *Al-Kimiya*, 4(1), pp. 31–37. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.15575/ak.v4i1.5081>.
- Indrayani, L. (2018) 'Analisis Unsur Logam Berat pada Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron (AAN)', in *Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Nuklir*, pp. 435–440.
- Maryudi, M., Aktawan, A. and Amelia, S. (2021) 'Pengolahan Limbah Pewarna Metilen Biru Menggunakan Arang Aktif dan Zeolit Aktif dengan Katalis Fe dan Oksidator Hidrogen Peroksida', *Jurnal Riset Kimia*, 12(2), pp. 112–120. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.25077/jrk.v12i2.414>.
- Setiyono, A. and Gustaman, R.A. (2017) 'Pengendalian Kromium (Cr) Yang Terdapat Di Limbah Batik Dengan Metode Fitoremediasi', *Unnes Journal of Public Health*, 6(3), pp. 155–160. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/ujph.v6i3.15754>.
- Siahaan, S., Hutapea, M. and Hasibuan, R. (2013) 'Penentuan Kondisi Optimum Suhu Dan Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Arang Dari Sekam Padi', 2(1), pp. 26–30. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1423>.
- Sudarja, Diharjo, K. and Caroko, N. (2011) 'Pengaruh Grain Size Arang Aktif dari Bahan Limbah Industri Sagu Aren terhadap Penyerapan Polutan Limbah Batik', *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 14(1), pp. 86–93. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.18196/st.v14i1.589>.
- Tanjung, R.W. *et al.* (2019) 'Batik Yogyakarta Dalam Era Revolusi Industri 4.0', *Prosiding Seminar Nasional Industri Kerajinan dan Batik*, pp. 1–10. Available at: <https://proceeding.batik.go.id/index.php/SNBK/article/view/7>.
- Zammi, M., Rahmawati, A. and Nirwana,

R.R. (2018) 'Analisis Dampak Limbah Buangan Limbah Pabrik Batik di Sungai Simbangkulon Kab. Pekalongan', *Walisongo Journal of*

Chemistry, 1(1), pp. 1–5. Available at: <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i1.2667>