

# PENGELOLAAN LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK DENGAN METODE ELEKTROLISIS SEBAGAI UPAYA PENURUNAN TINGKAT KONSENTRASI LOGAM BERAT DI SUNGAI JENES, LAWEYAN, SURAKARTA

<sup>1</sup>Tri Murniati, <sup>2</sup>Inayati dan <sup>2</sup>MTh. Sri Budiastuti

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana  
Universitas Sebelas Maret Surakarta

<sup>2</sup>Staf Pengajar Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana  
Universitas Sebelas Maret Surakarta

## Abstrak

Limbah cair industri batik mengandung berbagai macam zat pencemar yang berpotensi menimbulkan pencemaran air, diantaranya logam berat Cr dan Pb. Sumber logam berat krom (Cr) dan timbal (Pb) yang bersifat toksis, dapat berasal dari zat pewarna ( $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) maupun berasal dari zat mordan yaitu merupakan pengikat zat warna meliputi  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{PbCrO}_4$ . Salah satu bahan yang dapat dipakai untuk menurunkan logam berat Cr dan Pb adalah dengan elektroda Zn, Al dan Fe melalui proses elektrolisis. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efisiensi elektroda Zn, Al dan Fe dalam mengurangi logam berat Cr dan Pb dalam limbah cair industri batik dan air sungai Jenes.

Elektrolisis adalah suatu proses penguraian larutan akan diuraikan menjadi ion-ion, yaitu ion positif (kation) dan ion negatif (anion), ketika arus listrik searah dialirkan ke dalam larutan elektrolit melalui elektroda dengan waktu elektrolisis 30, 60, 90, 120 menit.

Hasil penelitian menunjukkan kombinasi elektroda Zn, Al dan Fe mempunyai efisiensi tinggi. Berdasarkan pertimbangan efisiensi dan nilai ekonomi yang meliputi harga elektroda, waktu elektrolisis yang berhubungan dengan biaya listrik, maka dipilih kombinasi logam Al-Zn sebagai elektroda. Kombinasi elektroda Al-Zn dapat mengurangi kadar logam berat Cr di outlet limbah industri batik hingga 99% dan Pb hingga 92,1%. Kombinasi elektroda Al-Zn di badan Sungai Jenes, Laweyan, Surakarta memiliki kemampuan menyerap Cr sebesar 98,6% dan Pb sebesar 91,5%.

**Kata Kunci:** *Elektrolisis, Limbah Batik, Elektroda Zn Al Fe, Parameter Cr dan Pb*

## Pendahuluan

Peningkatan kebutuhan sandang dan gaya hidup berdampak pada perkembangan industri tekstil yang sangat pesat, seperti halnya industri batik. Seiring dengan pertumbuhan industri batik tersebut,

bertambah pula limbah cair yang dihasilkan, yang berasal dari proses pembuatan batik sejak tahap pencelupan hingga pencucian. Pengetahuan untuk pengelolaan limbah cair batik yang relatif rendah membuat sejumlah pengrajin batik membuang

limbah tersebut ke badan sungai, sehingga mencemari air sungai dan pada akhirnya menurunkan kualitas air sungai.

Pengakuan dunia melalui UNESCO (*United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization*) tampaknya memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan industri batik di Indonesia karena diakui sebagai warisan budaya asli Indonesia pada tanggal 2 Oktober 2010. Sebagai contoh bisnis batik Pekalongan tumbuh sebesar 40% dan di daerah Jawa Timur awalnya hanya ada beberapa industri batik, tapi sekarang jumlahnya merata didistribusikan di 38 Kabupaten di seluruh Indonesia. Selain itu, batik di daerah lain seperti Jambi dan Bengkulu juga naik, dengan motif karakteristik daerah. Pertumbuhan ini juga terlihat dari peningkatan ekspor batik yang mencapai 11,5 juta US\$ di tahun 2010 (Kusumawati *et al.*, 2012).

Dampak positif dari adanya pengakuan UNESCO juga dirasakan masyarakat Surakarta, khususnya pengrajin batik Laweyan. Jumlah unit usaha batik mengalami lonjakan jumlah yang signifikan. Pada tahun 2004 hanya berjumlah 22 unit, hingga akhir tahun 2011 jumlah unit usaha di Laweyan berjumlah 51 unit, sehingga dibanding tahun 2004, jumlah pengusaha batik mengalami peningkatan sebesar kurang lebih 230 %. Penghasilan masyarakat Laweyan khususnya pengusaha batik pun juga mengalami pertumbuhan yang positif. Kondisi ini bisa dilihat dari hasil survey dengan mengambil 5 unit sampel perusahaan batik dengan klasifikasi besar, sedang dan kecil. Rata-rata pendapatan mereka perbulan mengalami kenaikan sebesar 32,55 % (Binarsih, 2013). Namun dari semua efek positif yang timbul dari perkembangan industri batik di tanah air, terselip sejumlah masalah yang terkait pengolahan air limbah karena industri batik adalah salah satu industri terbesar dalam penggunaan airnya dalam setiap langkah produksi sehingga air limbah yang dihasil-

kan juga besar.

Beberapa kandungan di dalam limbah industri batik yang berpotensi menimbulkan pencemaran air adalah kandungan bahan organik, padatan tersuspensi, minyak atau lemak yang tinggi dan adanya kandungan logam berat yang berbahaya yaitu Zn, Cd, Cu, Cr dan Pb (Nurdalia, 2006). Hal serupa juga dikemukakan oleh Mahida, 1984, bahwa logam berat yang bersifat toksis yang terdapat pada buangan industri batik diduga meliputi krom (Cr), timbal (Pb), nikel (Ni), tembaga (Cu) dan mangan (Mn). Selain itu, beberapa penelitian mengatakan bahwa salah satu jenis logam pencemar prioritas tinggi yang ditemukan dalam limbah industri batik adalah timbal/Pb (Sembodo, 2006; Cahyanto, 2008; Muljadi, 2009).

Dalam penelitian yang berbeda Agustina, 2011 dalam Hartati, 2011, mengemukakan bahwa limbah cair industri batik dilaporkan mengandung logam berat seperti timbal, besi, seng, krom, tembaga dan kadmium. Kadar Pb dalam limbah cair industri batik dapat mencapai 0,2349 mg/L. Kandungan timbal pada limbah industri batik tersebut melebihi batas maksimum baku mutu menurut PP RI Nomor 82 / 2001 yaitu sebesar 0,03 mg/L. Berdasarkan toksisitasnya, US Agency for Toxic Substances and Disease Registry juga mengelompokkan senyawa-senyawa yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kesehatan manusia. Dalam daftar tersebut, timbal menempati urutan pertama (Misran, 2009 dalam Hartati, 2011).

Sumber logam berat krom (Cr) dan timbal (Pb) yang bersifat toksis, dapat berasal dari zat pewarna ( $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) maupun berasal dari zat mordan yaitu merupakan pengikat zat warna meliputi  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  dan  $\text{PbCrO}_4$ . (Suharty, 1999) Keberadaan logam berat Cr dan timbal Pb dalam limbah cair batik yang dibuang ke badan sungai dapat menjadi masalah yang serius mengingat kedua logam berat

ini bersifat toksik. Krom dalam tubuh biasanya berada dalam keadaan sebagai ion  $Cr^{3+}$ . Krom dapat menyebabkan kanker paru-paru, kerusakan hati (*liver*) dan ginjal. Jika terjadi kontak dengan kulit, dapat menyebabkan iritasi dan jika tertelan dapat menyebabkan sakit perut dan muntah. Sedangkan timbal dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernafasan, pemaparan maupun saluran pencernaan. Lebih kurang 90% partikel timbal dalam asap atau debu halus di udara dihisap melalui saluran pernafasan. Penyerapan di usus mencapai 5 – 15% pada orang dewasa dan pada anak-anak lebih tinggi yaitu sebesar 40% dan akan menjadi lebih tinggi apabila kekurangan kalsium, zat besi dan zinc dalam tubuhnya (Harvian, 2010).

Mengingat bahwa keberadaan logam Cr dan Pb sangat berbahaya, maka perlu diupayakan usaha menekan Cr dan timbal Pb pada limbah cair industri batik sebelum masuk ke badan air dengan tujuan untuk mengurangi tingkat pencemaran air sungai. Salah satu langkah untuk menekan logam berat Cr dan Pb perlu dilakukan penelitian yang bersifat *laboratories* yaitu dengan metode elektrolisis.

Elektrolisis merupakan suatu peristiwa dimana suatu larutan akan diuraikan menjadi ion-ionnya, yaitu ion positif (kation) dan ion negatif (anion), ketika arus listrik searah dialirkan ke dalam larutan elektrolit melalui elektroda. Pada peristiwa ini kation akan mengalami reduksi karena menangkap elektron, sedangkan anion akan mengalami oksidasi karena melepaskan elektron. Maka peristiwa reduksi terjadi di katoda dan oksidasi terjadi di anoda, dan kation akan menuju katoda sedangkan anion akan menuju anoda (Skoog, 1993 dalam Wiharti dkk.). Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah Zn, Al dan Fe.

Selanjutnya untuk memvalidasi alat elektrolisis dilakukan dengan mendeteksi kemampuan alat dalam menyerap

logam Cr dan Pb yang mencemari sungai Jenes, Laweyan, Surakarta. Temuan tersebut divalidasi pada badan sungai yang tercemar limbah cair industri batik.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efisiensi elektroda Zn, Al dan Fe dalam mengurangi logam berat Cr dan Pb dalam limbah cair industri batik dan air sungai Jenes.

### Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental dan survei. Penelitian eksperimental adalah penelitian yang mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel lain dengan kontrol yang ketat (Sedarmayanti dan Syarifudin, 2011). Penelitian survei adalah penelitian yang mengumpulkan data atau informasi pada saat tertentu dengan tujuan untuk mendiskripsikan keadaan alami yang hidup saat itu, mengidentifikasi secara terukur keadaan sekarang untuk membandingkan, dan menentukan hubungan sesuatu yang hidup diantara kejadian spesifik (Bani, 2013).

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh outlet limbah cair industri batik di daerah Laweyan dan air sungai Jenes, Surakarta. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *grab sample* atau sampel sesaat. Sampel sesaat adalah sampel yang dikumpulkan dalam suatu wadah pada waktu tertentu. Hasil pengujian sampel sesaat dapat menunjukkan kualitas lingkungan yang memiliki kondisi pada saat sampel diambil (Hadi, 2007). Sampel sesaat diambil dari *outlet* industri batik Laweyan dan badan sungai Jenes. Pengambilan sampel pertama pada *outlet* industri batik dilakukan pada tiap tahap proses batik yang disatukan dalam suatu wadah. Sampel kedua diambil pada badan sungai Jenes dengan posisi lubang botol searah dengan arus sungai. Pengambilan sampel air sungai terdiri atas 3 stasiun pengambilan sampel. Masing-masing stasiun terdiri atas 3

titik yaitu tepi sungai sisi satu, tengah dan tepi sungai sisi yang lain. Kemudian sampel dari ketiga titik tersebut disatukan dalam satu wadah sebagai 1 sampel. Sampel diteliti untuk mendeteksi parameter logam Cr dan Pb. Sehingga dalam penelitian ini yang menjadi sampel adalah limbah cair industri batik dari perusahaan "X" dan air sungai Jenes yang melintasi kawasan industri batik Laweyan, Surakarta.

**Prosedur Pengumpulan Data**

- a. Membuat reaktor elektrolisis dengan ukuran 10 cm × 10 cm × 20 cm dan platelektroda ukuran 9 cm × 0,05 cm × 15 cm dengan jarak antar plat 2 cm.
- b. Melakukan elektrolisis dengan variasi elektroda Zn, Al, Fe yang dipasang berselang-seling dan variasi waktu tinggal dalam reaktor elektrolisis 30, 60, 90 dan 120 menit. Kemudian menyeting rangkaian alat elektrolisis dengan tegangan 15 V.
- c. Membawa seluruh sampel ke laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta untuk dianalisa parameter logam Cr dan Pb yang terkandung dalam sampel limbah cair industri batik tersebut.
- d. Hasil pengujian dilakukan perhitungan efisiensi masing-masing elektroda.
- e. Setelah diketahui efisiensi tertinggi dari elektroda dan waktu tinggal dalam reaktorelektrolisis, diterapkan pada sampel air sungai Jenes, Laweyan, Surakarta.

**Perhitungan Efisiensi**

Perhitungan Efisiensi Penurunan Logam Berat Cr dan Pb

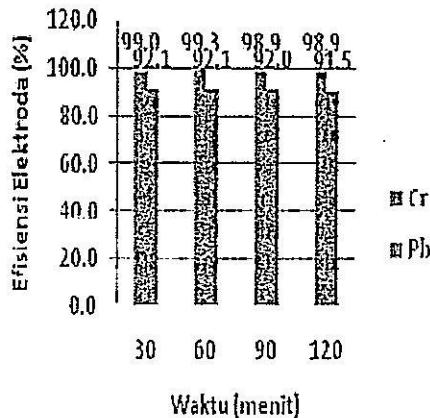
$$\text{Efisiensi elektroda} = \left( \frac{C_0 - C_t}{C_0} \right) \times 100\%$$

(Artadi, 2007 dalam Wiharti dkk, 2013) dengan,

- C<sub>0</sub> = konsentrasi awal
- C<sub>t</sub> = konsentrasi akhir

**Hasil dan Pembahasan**

Hasil penelitian menunjukkan kombinasi elektroda Zn, Al dan Fe mempunyai efisiensi tinggi. Berdasarkan pertimbangan efisiensi dan nilai ekonomi yang meliputi harga elektroda, waktu elektrolisis yang berhubungan dengan biaya listrik, maka dipilih kombinasi logam Al-Zn sebagai elektroda.



Gambar 1. Histogram efisiensi penjerapan Cr dan Pb dengan elektroda Al-Zn

Gambar 1 dapat dilihat bahwa penggunaan elektroda Al-Zn mempunyai grafik meningkat dari menit ke 30 yaitu sebesar 99% menjadi 99,3% pada menit ke 60. Efisiensi sebesar 99,3% merupakan titik optimum penjerapan Cr karena pada menit ke 90 dan 120 mengalami penurunan hingga 98,9%. Efisiensi penjerapan Cr oleh kombinasi elektroda Al-Zn dapat dikatakan konstan karena kenaikan dan penurunan efisiensi tidak signifikan. Efisiensi penyerapan Cr yang konstan ini dikarenakan dalam sifat teknologi, Al akan optimal jika dipadukan dengan Mg, Ti dan Zn (Kyvlan, 2013).

Pada elektrolisis logam Pb, optimum elektrolisis terjadi pada menit ke 30 dan 60 yaitu sebesar 92.1% dan berangsur turun pada menit ke 90 dan 120. Penurunan efisiensi ini terjadi karena adanya pelepasan kembali ion Pb yang telah berikatan

dengan ion Zn. Energi listrik yang dialirkan membuat proses penjerapan ion Pb terjadi secara terus menerus. Ion Pb yang telah terjerap dan menutupi permukaan elektroda akan terlepas kembali karena adanya tumbukan antar ion Pb yang akan terjerap dari air limbah. Logam berat Pb di alam bercampur dengan Zn dengan kontribusi 70%, kandungan Pb murni sekitar 20% dan sisanya 10% terdiri dari campuran seng dan tembaga. Komposisi ini menjadikan Pb dapat dengan mudah berikatan dengan Zn (Sudarmaji, 2006).

**Pertimbangan ekonomi**

Harga plat elektroda per lembar (240 cm x 120 cm) dengan ketebalan plat 0,5 mm yang digunakan adalah sebagai berikut :

Zn: Rp 55.000,- (Pasar besi Solo, 2014)

Al: Rp 70.000,- (Morodadi Solo, 2014)

Fe:Rp 167.000,-(Putra Perkasa Solo, 2014)

Listrik per kWh: Rp 964,- (Kompas, 2014)

Luas plat elektroda yang digunakan dalam skala laboratorium :

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan plat} &= (p \times t) \times 2 \text{ sisi} \times 4 \text{ plat} \\ &= (9 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}) \times 2 \times 4 \\ &= 135 \text{ cm}^2 \times 2 \times 4 \\ &= 1.080 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Penentuan elektroda berdasarkan efisiensi elektrolisis tertinggi dan pertimbangan ekonomi yang meliputi harga plat elektroda, waktu elektrolisis, kebutuhan listrik dan harga listrik dapat dilihat pada tabel 1.

Hasil penelitian menunjukkan kombinasi elektroda Al-Zn yang mempunyai efisiensi tertinggi dan nilai ekonomi terendah yaitu pada kombinasi elektroda Al-Zn dengan waktu elektrolisis 30 menit. Kombinasi elektroda tersebut akan diaplikasikan ke sungai Jenes untuk menurunkan konsentrasi logam berat Cr dan Pb. Hasil penurunan logam berat Cr dan Pb di Sungai Jenes dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 merupakan tujuan akhir dari penelitian ini, yaitu elektrolisis menggunakan elektroda Al-Zn dengan waktu elektrolisis selama 30 menit dengan sampel air Sungai Jenes menghasilkan efisiensi

**Tabel 1. Perbandingan Nilai Ekonomi Elektrolisis**

Waktu (menit)	Elektroda	Kebutuhan Listrik (kWh) / luas elektroda	Harga Listrik (Rp) / luas elektroda	Harga Plat Elektroda dengan luas 1.080 cm <sup>2</sup> (Rp)
30	Al-Zn	0,0321	30,9	1.171,875
60	Al-Zn	0,0642	61,9	1.171,875
90	Al-Zn	0,0963	92,8	1.171,875
120	Al-Zn	0,1283	123,7	1.171,875

**Tabel 2. Penurunan Logam Berat Sungai Jenes dengan Elektroda Al-Zn**

Stasiun Pengambilan	Sebelum penanganan (Co) (mg/l)		Setelah penanganan (Ct) (mg/l)		Efisiensi (%)	
	Cr	Pb	Cr	Pb	Cr	Pb
I	0,987	0,147	0,021	0,0137	97,9	90,7
II	1,517	0,215	0,0146	0,0174	98,9	91,9
III	1,154	0,198	0,0132	0,0159	98,9	92
Efisiensi rata-rata					98,6	91,5

Cr sebesar 98,6% dan Pb 91,5% dari hasil uji pendahuluan elektroda sebesar 99% dan 92,1%.

### Kesimpulan

Efisiensi yang dihasilkan dari kombinasi logam Al-Zn sebagai elektroda, dapat mengurangi kadar logam berat Cr hingga 99% dan Pb hingga 92,1%.

Logam yang paling efektif untuk mengurangi kadar Cr dan Pb dalam limbah cair industri batik adalah kombinasi Al sebagai kutub positif (anoda) dan Zn sebagai kutub negatif (katoda).

Kombinasi elektroda Al-Zn di badan Sungai Jenes, Laweyan, Surakarta memiliki kemampuan menjerap Cr sebesar 98,6% dan Pb sebesar 91,5%.

### Saran

Efektifitas kombinasi logam sebagai elektroda perlu dikaji ulang dengan metode elektrolisis khususnya untuk logam Fe.

Perlu dilakukan pengukuran efisiensi jera-pan pada posisi paparan awal limbah tersebut hingga di bagian ke arah hilir.

### Daftar Pustaka

Bani, Aldi Al & Hidayatussaliki. 2013. "Penelitian Survei". [www.Aldialbani.blogspot.com.es/2013/01/penelitian-survei.html?m=1](http://www.Aldialbani.blogspot.com.es/2013/01/penelitian-survei.html?m=1). Diakses 23 September 2014.

Binarsih, S.R., Endang, S.R., Slamet, R.B., & Muladi, W. 2013. "Bisnis Internasional Bagi Pengusaha di Kampung Batik Laweyan". Prosiding Seminar Nasional 2013. Menuju Masyarakat Madani dan Lestari. ISBN: 978-979-98438-8-3. Binarsih, SR dkk. 2013. "Bisnis Internasional Bagi Pengusaha di Kampung Batik Laweyan". Prosiding Seminar Nasional 2013. Menuju Masyarakat Madani dan Lestari. ISBN: 978-979-98438-8-3.

3. Anwar. 2007. "Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan".

Cetakan kedua. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Hartati, I., Riwayati, I. & Kurniasari, L. 2011. "Potensi Xanthate Pulpa Kopi Sebagai Adsorben Pada Pemisahan Ion Timbal". Momentum. Vol. 7. No. 2. Hal : 25-30.

Hervian. 2010. "Efek toksisitas Logam Berat; Timbal (Pb), Merkuri (Hg) dan Cadmium (Cd)". Pianhervian's Blog. (<http://pianhervian.wordpress.com/2010/11/27/efek-toksisitas-logam-berat-timbal-pb-merkuri-hg-kadmium-cd/> diakses 28 Januari 2014)

Kusumawati, N., Asri, W. & Erina, R. 2012. "Operating Conditions Optimization on Indonesian Batik Dyes Wastewater Treatment by Fenton Oxidation and Separation Using Ultrafiltration Membrane". Journal of Environmental Science and Engineering. A 1. Hal : 672-682. ISSN 1934-8932. Formerly part of Journal of Environmental Science and Engineering.

Kyvlan, B.P., 2013. "Sifat Fisik, Sifat Teknologi, dan Sifat Kimia 28 Jenis Logam". Journal Entries.

Muljadi. 2009. "Efisiensi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetak Dengan Metode Fisika-Kimia dan Biologi Terhadap Penurunan Parameter Pencemar (BOD, COD, dan Logam Berat Krom (Cr) Studi Kasus di Desa Butulan Makam Haji Sukoharjo". Jurnal Ekuilibrium. Vol. 8. Nomor 1. Hal : 7-16. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Sedarmayanti & Syarifudin, H. 2011. "Metodologi Penelitian". Mandar Maju. Bandung.

Sudannaji, Mukono, J., & Corie, I.P. 2006. "Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya". Jurnal Kesehatan Lingkungan. Vol. 2. No. 2. Hal : 129-142. Bagian Kesehatan Lingkungan

FKM Universitas Airlangga.

Suharty, N.S. 1999. "*Dasar-dasar Pengelolaan Limbah Industri*". Cetakan pertama. Jakarta. Penerbit UI-Press

Wiharti, Riyanto & Noor, F. 2013. "*Aplikasi Metode Elektrolisis Menggunakan Platina (Pt), Tembaga (Cu) dan Karbon (C) Untuk Penurunan Kadar Cr Dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit di Desa Sitimulyo, Piyungan, Bantul, Yogyakarta*". Jurusan Ilmu Kimia. FMIPA. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.