

ELEKTRODEKOLORISASI LIMBAH CAIR ZAT WARNA BATIK DENGAN ELEKTRODA PbO₂/Pb

Prihastuti Santini Laksmi Dewi, Didik Setiyo Widodo, M.Si, Abdul Haris, M.Si

Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50275, Telepon (024) 7474754

Abstrak: Telah dilakukan penelitian tentang elektrokolorisasi limbah cair zat warna batik dengan elektroda PbO₂/Pb. Tujuan penelitian ini adalah mendekolorisasi limbah (penghilangan warna) zat warna batik dengan cara elektrolisis menggunakan PbO₂ dan Pb dari aki bekas kendaraan bermotor, penurunan angka parameter COD dan peningkatan kualitas air setelah proses pengolahan limbah zat warna batik dengan penyaringan molekular. Metode yang dilakukan pada penelitian ini dengan elektrolisis larutan sampel limbah zat warna pada potensial kerja 9 volt menggunakan PbO₂ di anoda dan Pb di katoda. Larutan pascaelektrolisis selanjutnya diberi perlakuan zeolit. Analisis meliputi pengamatan warna, pengukuran absorbansi dengan spektrofotometer *UV-Vis* serta analisa dengan instrumen AAS, nilai COD terhadap sampel sebelum elektrolisis, sesudah elektrolisis, dan setelah dilakukan penyaringan. Hasil yang diperoleh bahwa elektrolisis limbah cair zat warna batik menggunakan PbO₂ sebagai anoda efektif mendekolorisasi larutan sampel sebesar 100%, mengurangi nilai COD, dan meningkatkan kualitas air dengan menurunkan konsentrasi total ion logam Fe dan Na⁺ pada larutan sampel limbah zat warna indigosol dan *remazol black B*.

Kata kunci: Elektrolisis, Elektrokolorisasi, Limbah zat warna batik, PbO₂/Pb

Abstract: Has done research on use of electrodecolorization batik dye wastewater using PbO₂ and Pb electrodes. The purpose of this research are to decolorize batik dye wastewater by electrolysis using PbO₂ and Pb batteries electrode, to decrease COD's parameter and to increase quality of water after the treatment of dye waste batik's by molecular filtration. This research was carried out by electrolyzing waste dye samples solution at potential of 9 volts using PbO₂ as anode and Pb as cathode. Results were filtered by natural zeolite. Analysis including observing solution color, absorbance measurements by *UV-Vis* spectrophotometer and AAS's instrument analysis, COD value of the sample before and after electrolysis, and after filtering. Results showed that electrolysis of dye waste batik using PbO₂ anode was effective to decolorize that samples until 100% and to reduce COD value then molecular filtering of the sample could improve water quality by Fe reducing metal and Na⁺ ion on indigosol and *remazol black B* dye waste.

Keyword: Electrolysis, Electrodecolorization, Batik dye wastewater, PbO₂/Pb

PENDAHULUAN

Peningkatan volume usaha industri batik tidak sejalan dengan pengetahuan para pengrajin untuk mengolah limbah yang dihasilkan pada proses akhir industri sehingga jumlah limbah yang dihasilkan meningkat sehingga dapat merusak, mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia (Purba, 2009). Limbah yang dihasilkan dari industri batik khususnya limbah zat warna yang berasal dari proses pewarnaan batik sering langsung dibuang ke perairan sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Alerts dan Santika, 1984). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan limbah zat warna sebelum dibuang ke perairan dengan tujuan untuk meminimalkan pencemaran limbah yang terjadi, volume limbah, toksisitas, dan dampak yang muncul.

Upaya penanggulangan limbah zat warna yang dihasilkan dari proses pewarnaan batik telah dikembangkan dalam berbagai metode antara lain koagulasi, sedimentasi, adsorpsi, dan elektrokimia (elektrolisis). Metode elektrokimia khususnya elektrolisis memiliki banyak keuntungan yaitu tidak memberikan cemaran tambahan terhadap lingkungan, waktu proses yang lebih singkat, mampu mengatasi limbah zat warna dengan hasil yang memuaskan, dan tidak membutuhkan proses analisis yang banyak dan rumit (Noorikhlas, 2009). Faktor pendukung keberhasilan dalam proses elektrolisis yaitu elektoda. PbO_2 memiliki beberapa kelebihan yaitu *inert*, semikonduktor, stabil, dan tahan terhadap korosi (Sires dkk., 2010; Peng dkk., 2007; Han dkk., 2011). Penggunaan PbO_2 sebagai anoda dapat memaksimalkan proses elektodekolorisasi (Kong dkk., 2007). Penggunaan PbO_2 sebagai bahan elektroda telah dipatenkan oleh Ueda dkk., (1986).

Penelitian terdahulu tentang penanganan limbah zat warna dengan metode elektrolisis (elektodekolorisasi) menggunakan PbO_2 di anoda dan karbon

di katoda berhasil dilakukan oleh Nirmasari (2008) dengan persentase dekolorisasi 99,64 % pada pH 1. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan Noorihlas (2009) yang menjelaskan proses elektodekolorisasi dengan PbO_2 di anoda dan Pb di katoda menghasilkan persen degradasi zat warna 100%. Oleh karena itu, akan dilakukan elektodekolorisasi dengan PbO_2 di anoda dan Pb di katoda untuk menghilangkan warna larutan zat warna yang biasa digunakan dalam industri batik.

Pengurangan konsentrasi logam yang terdapat dalam limbah zat warna dapat dilakukan melalui proses penyaringan molekuler. Penelitian yang telah dilakukan Payne dan Fattah (2004) menunjukkan bahwa mekanisme adsorpsi zeolit dan karbon aktif dapat menurunkan kandungan ion Pb^{2+} . Selanjutnya menurut penelitian yang dilakukan oleh Rahman dan Hartono (2004) kadar Fe dan Mn dapat turun sebesar 55% dan 40% karena penggunaan zeolit sebagai pengolahan air. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mazeikiene dkk (2010), Muzenda skk (2011) bahwa zeolit efektif untuk penanganan masalah lingkungan perairan tercemar.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan: Akuades, Na_2SO_4 (proanalisis, Merck), lempeng PbO_2 dan Pb dari aki bekas kendaraan bermotor, limbah zat warna indigosol dan *remazol black B*.

Alat: Alat-alat gelas, timbangan elektrik (KERN), adaptor GW Instek GPR-3060D, spektrofotometer *UV-Vis* (Shimadzu), atomic absorption spectrometer (AAS) (PE 3110).

Prosedur Penelitian: Larutan sampel sebanyak 150 mL ditambah 0,71 gram Na_2SO_4 kemudian larutan dielektrolisis pada potensial kerja 9 volt selama 300 menit untuk sampel indigosol dan 240 menit untuk sampel *remazol black B*. Setelah elektrolisis sampel dipindahkan dalam wadah berisi zeolit alam diteruskan dengan penyaringan. Analisis meliputi

pengamatan warna, pengukuran absorbansi dengan spektrofotometer *UV-Vis*, nilai COD serta analisa konsentrasi logam

HASIL DAN PEMBAHASAN

Elektrolisis larutan sampel indigosol dan *remazol black B* dilakukan pada potensial kerja 9 volt dimana didapatkan dari penentuan potensial kerja pada variasi potensial antara 1-15 volt

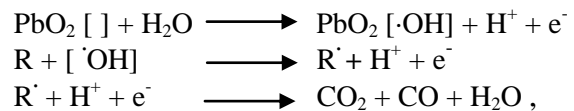
dengan instrumen AAS terhadap sampel sebelum elektrolisis, sesudah elektrolisis, dan setelah dilakukan penyaringan.

dengan pengukuran arus setiap 3 menit. Penambahan Na_2SO_4 kedalam larutan sampel pada proses elektrolisis berfungsi sebagai elektrolit pendukung yang dapat menghantarkan arus selama elektrolisis berlangsung.

Tabel IV.1 Hasil Analisis Larutan Sampel

Parameter	Sampel	
	Indigosol	<i>Remazol Black B</i>
Warna	Sebelum elektrolisis	Merah kecoklatan
	Sesudah elektrolisis	Transparan
COD (ppm)	Sebelum elektrolisis	1213,4
	Sesudah elektrolisis	16,8
Waktu Elektrolisis	6 jam 20 menit	4 jam

Dari tabel IV.1 diketahui adanya perubahan setelah proses elektrolisis berlangsung jika dilihat dari parameter yang diukur meliputi warna, angka COD, dan waktu elektrolisis berlangsung. Pada masing-masing larutan sampel terjadi penurunan intensitas warna yang menandakan berkurangnya jumlah molekul zat warna dalam larutan sampel sehingga menyebabkan terjadinya perubahan warna dari berwarna menjadi putih bening. Penggunaan PbO_2 sebagai elektroda memiliki kemampuan memproduksi radikal hidroksil yang dihasilkan oleh pemecahan air oleh anoda. Radikal hidroksil tersebut mampu mengoksidasi sampel zat warna dan menghasilkan suatu radikal baru dengan senyawa tersebut sehingga menyebabkan suatu reaksi berantai yang mendegradasi senyawa tersebut. Produk oksidasi di anoda berupa H_2O dan CO_2 serta senyawa rantai pendek yang tidak lagi menyerap radiasi pada panjang gelombang visible. Produk ini telah diidentifikasi melalui penelitian terdahulu (Noorikhlas, 2009). Kontribusi terhadap dekolorisasi dari pemakaian PbO_2 sebagai anoda dijelaskan sebagai berikut (Martono dan aisyah, 2000):

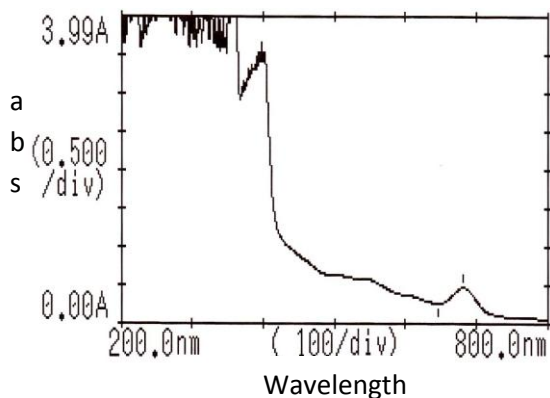


dengan R adalah substrat organik yang mengandung C, H, O, N. Oksigen pada radikal hidroksil akan berikatan dengan substrat organik sehingga substrat organik mengalami oksidasi dan bersifat radikal. Oksidasi substrat organik tersebut kemungkinan menghasilkan produk berupa CO_2 , CO dan H_2O , namun gas CO tidak terbentuk jika terjadi reaksi oksidasi sempurna.

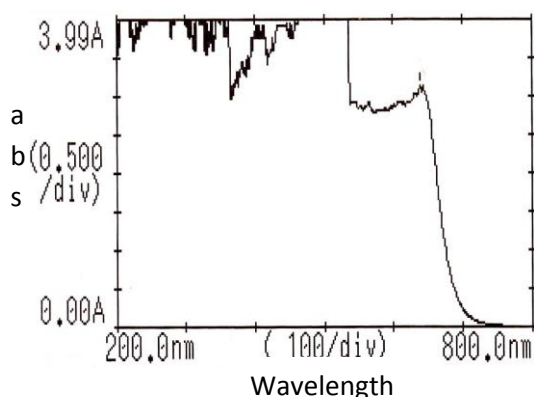
Angka COD yang tinggi pada larutan sampel awal efektif diturunkan melalui proses elektrolisis yang dibuktikan dari penurunan angka COD setelah elektrolisis berlangsung. Nilai COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Alerts, 1984). Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup tahun 2010 angka COD maksimal untuk air limbah industri sebesar 100 ppm. Pada larutan sampel limbah zat warna indigosol setelah elektrolisis, angka COD turun sebesar

98,61% dan pada larutan sampel limbah zat warna *remazol black B* sebesar 95,44% sehingga larutan sampel limbah zat warna setelah elektrolisis dapat dikatakan aman bagi perairan karena berada dibawah ambang maksimum.

Spektra *UV-Vis* larutan sampel limbah zat warna indigosol seperti yang disajikan pada gambar I menunjukkan bahwa adanya puncak serapan pada 682 nm yang mengidentifikasi karakter warna gugus kromofor pada indigosol dengan absorbansi sebesar 0,479. Gambar II menyajikan spektra yang didapat dari larutan sampel limbah zat warna *remazol black B* dimana terlihat adanya puncak serapan pada 640 nm yang merupakan karakter warna gugus kromofor pada *remazol black B*.



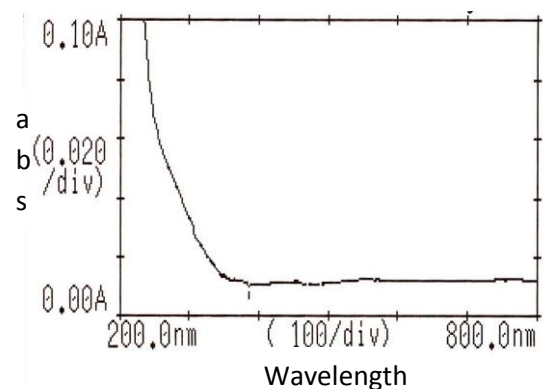
Gambar I. Spektra *UV-Vis* larutan sampel indigosol



Gambar II. Spektra *UV-Vis* larutan sampel *remazol black B*

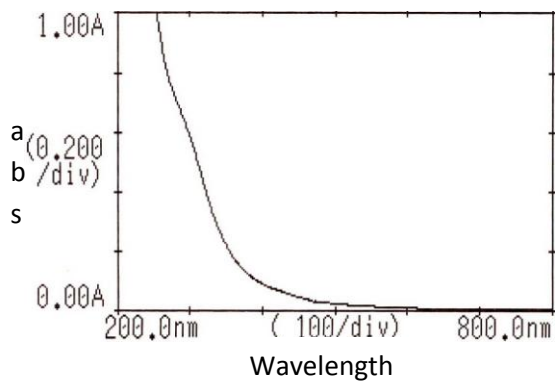
Efektifitas elektrolisis larutan sampel limbah zat warna dapat terlihat dari

hasil spektra *UV-Vis* terhadap larutan hasil elektrolisis yang menunjukkan penurunan absorbansi pada panjang gelombang maksimum larutan indigosol dan *remazol black B*. Gambar III menyajikan spektra *UV-Vis* larutan sampel zat warna indigosol setelah elektrolisis yang menunjukkan tidak adanya puncak pada panjang gelombang 682 nm yang merupakan puncak dari gugus kromofor. Hal ini membuktikan bahwa zat warna yang terdapat dalam indigosol telah terdegradasi dan tidak mempunyai gugus kromofor sehingga larutan hasil elektrolisis menjadi tidak berwarna pada waktu elektrolisis 380 menit.



Gambar III. Spektra *UV-Vis* indigosol setelah elektrodecolorisasi selama 380 menit

Spektra pada larutan sampel zat warna *remazol black B* setelah elektrolisis terdapat pada gambar IV, dimana dari gambar diketahui tidak adanya puncak serapan pada panjang gelombang 640 nm. Proses elektrolisis yang berlangsung selama 4 jam terbukti efektif mendegradasi gugus kromofor pada struktur zat warna *remazol black B* sehingga mengalami penurunan absorbansi pada panjang gelombang 640 nm sebesar 100% yang menyebabkan larutan menjadi tidak berwarna.



Gambar IV. Spektra UV-Vis remazol black B setelah elektrodekolorisasi selama 240 menit.

Setelah elektrodekolorisasi larutan sampel, dilakukan penyaringan dengan menggunakan zeolit dengan tujuan untuk mengefektifkan penurunan konsentrasi ion logam dalam larutan sampel setelah elektrolisis. Hal ini dikarenakan zeolit memiliki fungsi sebagai adsorben dan penukar ion.

Tabel IV.2 Hasil Pengukuran Konsentrasi Ion Logam dengan AAS

Sampel	Konsentrasi Ion Logam (ppm)			
	C ₀	C ₁	C ₂	
Fe total	Indigosol	0,216	24,85	0
	Remazol black B	0,123	41,42	2,13
Na ⁺	Indigosol	270	6330	930
	Remazol black B	550	6200	1280

Diketahui dari tabel IV.2 bahwa konsentrasi logam Fe dan Na⁺ pada larutan sampel awal zat warna indigosol masing-masing sebesar 0,216 ppm dan 270 ppm sedangkan pada remazol black B masing-masing sebesar 0,123 ppm dan 550 ppm. Konsentrasi ion Na⁺ dan total logam Fe dalam larutan sampel setelah proses elektrolisis meningkat dan masih berada diatas batas maksimum logam berat diperairan, sehingga perlu dilakukan penyaringan menggunakan zeolit guna menurunkan konsentrasi ion logam

tersebut. Penggunaan zeolit dapat memaksimalkan penghilangan kadar ion logam Na⁺ karena ion Na⁺ tidak dapat tereduksi melalui elektrolisis. Setelah dilakukan penyaringan dengan zeolit kandungan logam Fe dan ion logam Na⁺ berkurang. Hal ini dikarenakan pada zeolit terjadi pertukaran ion dimana pori-pori yang H⁺ akan digantikan oleh ion-ion logam Na⁺, Fe²⁺ dan Fe³⁺. Penyaringan larutan hasil elektrolisis dengan zeolit efektif mengurangi kandungan ion logam Na⁺ dan total logam Fe dalam larutan zat warna indigosol dan remazol black B hasil elektrolisis.

KESIMPULAN

1. Elektrolisis limbah zat warna indigosol dan remazol black B dengan menggunakan PbO₂ sebagai anoda efektif mendekolorisasi larutan sampel sebesar 100% dan mengurangi nilai COD dari limbah zat warna tersebut.
2. Penyaringan larutan sampel molekuler dengan zeolit alam setelah elektrolisis dapat meningkatkan kualitas air dengan menurunkan konsentrasi total ion logam Fe dan Na⁺ pada sampel limbah zat warna indigosol dan remazol black B.

DAFTAR PUSTAKA

Alerts, G., dan Santika, S., 1984., *Metode Penelitian Air*, Penerbit usaha nasional, Surabaya

Kong, J., Shi, S., Kong L., Zhua, X., dan Ni, J., 2007, Preparation and characterization of PbO₂ electrodes doped with different rare earth oxides, Vol. 53, *Electrochimica Acta*, 2048-2054

Martono, H dan Aisyah, 2000, *Studi Pengolahan Limbah Organik secara Elektrokimia*, Pusat Pengolahan Limbah Radioaktif, Jakarta

Mazeikiene, A., Valentukeviciene, M., dan Jankauskas, J., 2010, Laboratory Study of Ammonium Ion Removal by using Zeolite (Clinoptilolite) to Treat Drinking Water, *Journa of*

- Environmental Engineering and Landscape Management*, 54-61
- Muzenda, E., 2011, Cu (II) Removal from Synthetic Waste Water by Ion exchange Process, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer*, Vol II
- Nirmasari, A. D, 2008, Pengaruh pH terhadap Elektrokolorisasi Zat Warna *Remazol Black B* dengan Elektroda PbO₂, Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang
- Noorikhlas, F., 2009, *Analisis produk elektrodetruksi senyawa penyusun Limbah Batik: Elektrolisis Larutan Remazol Black B*, Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA UNDIP
- Payne, K. B., dan Fattah, M.A., 2004, Adsorption of Divalent Lead Ions by Zeolites and Activated Carbon: Effects of pH, Temperature, and Ionic Strength, *Journal of Environmental Science and Health*, Vol. A39, 2275-2291
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.3/2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri
- Peng, H.Y., Chen, H.Y., Hu, S.J., Nan, J.M., dan Xu, Z.H., 2007, A Study On The Reversibility of Pb(II)/PbO₂ Conversion for The Application of Flow Liquid Battery, Vol. 168, *Journal of Power Sources*, 105-109
- Purba, M. E. K., 2009, Analisa Kadar *Total Suspended Solid (TSS)*, Amoniak (NH₃), Sianida (CN⁻), dan Sulfida (S²⁻) pada Limbah Cair BAPEDALDASU, Karya Ilmiah, Departemen Kimia, Progran Studi Diploma-3 Kimia Analisis FMIPA USU.
- Rahman, A dan Hartono, B., 2004, Penyaringan Air Tanah dengan Zeolit Alami untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan, Vol 8 *Makara Kesehatan*, 1-6
- Sires, Low C.T.J., Ponce-de-Leon, dan Walsh, F.C., 2010, The Characterisation of PbO₂-Coated Electrodes Prepared from Aqueous Methanesulfonic Acid Under Controlled Deposition Conditions, Vol. 55, *Electrochimica Acta*, 2163-217
- Ueda, M., Watanabe, A., dan Shimamune, T., 1986, *Canadian Patents-Patent no. CIPO- Patent-1321*

