

Elektrodekolorisasi Limbah Cair Zat Warna Batik di Kota Solo dengan Elektroda PbO₂/Cu

Ina Triavia^a, Didik Setiyo Widodo^{a*}, Abdul Haris^a

^a Analytical Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang

* Corresponding author: widodo.ds@live.undip.ac.id

Article Info

Keywords:
Electrodecolorization;
Electrode PbO₂/Cu;
liquid waste of dye
color, and COD

Kata Kunci:
Elektrodekolorisasi,
Elektroda PbO₂/Cu,
Limbah Cair Batik,
dan COD

Abstract

Elektrodecolorization of liquid waste from batik dye by electrolysis has been conducted. The electrode used is PbO₂/Cu. Electrolysis methods have advantages over other methods, which provide an effective way of dealing with dyestuff liquid waste, creating no secondary waste or contamination, and relatively affordable costs. This research was conducted by electrolyzing the dyestuff sample at a work potential of 5.0 volts. Electrolysis media was industrial waste water batik cloth. The electrolysis time was set for 100 minutes. The final results were analyzed qualitatively and quantitatively using UV-Vis Spectrometer, Chemical Oxygen Demand (COD) value analysis, Total dissolved solid (TDS), and Total Suspended Solid (TSS). The final result showed that electrolysis of batik industrial waste using PbO₂/Cu electrode effectively decreased the color intensity of waste with percentage of 97,98%, total dissolved solid (TDS) was 90,2% and total turbidity (TSS) amounted to 99.7%.

Abstrak

Elektrodekolorisasi limbah cair dari zat warna batik secara elektrolisis telah dilakukan. Elektroda yang dipakai adalah PbO₂/Cu. Metode elektrolisis memiliki keunggulan dibandingkan metode lainnya, yaitu memberikan cara efektif dalam menangani limbah cair zat warna, tidak menimbulkan limbah sekunder atau pencemaran baru, dan biaya yang relatif terjangkau. Penelitian ini dilakukan dengan mengelektrolisis sampel zat warna pada potensial kerja 5,0 volt. Media elektrolisis adalah air limbah industri kain batik. Waktu elektrolisis diatur selama 100 menit. Hasil akhir dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif menggunakan Spektrometer UV-Vis, analisis nilai Chemical Oxygent Demand (COD), Total dissolved solid (TDS), dan Total Suspended Solid (TSS). Hasil akhir yang diperoleh menunjukkan bahwa elektrolisis air limbah industri batik menggunakan elektroda PbO₂/Cu efektif menurunkan intensitas warna limbah dengan presentase 97,98%, penurunan nilai total dissolved solid (TDS) sebesar 90,2% dan kekeruhan atau total suspended solid (TSS) sebesar 99,7%.

1. Pendahuluan

Sebagaimana kita ketahui bahwa industri tekstil menimbulkan pencemaran lingkungan khususnya perairan, sehingga perlu penanganan khusus untuk limbah tekstil tersebut. Semakin meningkatnya kuantitas usaha industri batik tidak sebanding dengan pengetahuan para pengrajin untuk mengolah limbah yang dihasilkan pada proses akhir industri sehingga

dapat merusak dan mencemari lingkungan. Air limbah industri tekstil dapat dengan mudah dikenal karena warnanya. Cemaran zat warna ini bervariasi baik jenis maupun jumlahnya. Warna selalu menjadi kontaminan pertama pada limbah cair. Limbah industri yang berwarna tidak hanya menimbulkan polusi secara visual, tetapi dapat meningkatkan resiko kerusakan lingkungan dan kesehatan [1]. Zat warna yang dimaksud merupakan

senyawa organik yang mengandung gugus kromofor terkonjugasi, misal remazol black B [2] Pembuangan limbah cair batik yang mengandung remazol black B tanpa pengolahan limbah yang baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama perairan. Berkaitan dengan adanya limbah tersebut maka perlu penanganan khusus untuk mengatasinya, agar memenuhi baku mutu standar perairan sebelum dibuang ke lingkungan. Menurut [3] teknologi pengolahan limbah cair baik secara biologi, kimia, fisika maupun kombinasi antara ketiga proses tersebut dapat digunakan untuk mengolah limbah cair industri tekstil. Beberapa penelitian penghilangan warna dan senyawa organik yang ada dalam limbah cair industri tekstil telah banyak dilakukan yaitu dengan adsorpsi dan koagulasi menggunakan karbon aktif untuk menghilangkan COD, BOD, dan warna dengan menggunakan parameter seperti dosis adsorben, lama kontak, suhu sehingga dapat menurunkan warna hingga 90% [4].

Metode lain juga dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair yaitu dengan menggunakan prinsip reduksi dan oksidasi yaitu dengan mendekolorisasi air limbah proses celupan yang reaktif dengan menggunakan sistem H_2O_2 / piridin/ Cu (II). Degradasi zat warna juga telah dikembangkan, misalnya dengan cara fotokatalisis dengan TiO_2 [5, 6]. Namun, masing-masing metode penggunaannya terbatas dan kurang menguntungkan. Sebagai contoh, penggunaan reaksi fotokatalisis membutuhkan biaya yang cukup tinggi karena harga TiO_2 cukup mahal, selain itu diperlukan perlakuan lebih lanjut terhadap TiO_2 setelah proses dekolorisasi zat warna selesai. Suatu metode degradasi zat warna yang lebih efektif, efisien dan murah perlu dikembangkan, yaitu metode elektrokolorisasi.

Metode elektrokolorisasi merupakan suatu proses elektrokimia untuk menghilangkan zat warna dengan menggunakan arus listrik searah. Katoda sel elektrokimia ini adalah batang karbon yang berasal dari baterai bekas dan anoda besi [7]. Besi hidroksida terhidrat yang terbentuk sebagai hasil oksidasi anoda besi selama proses elektrolisis dapat mengadsorpsi zat warna melalui pembentukan kompleks antara permukaan besi hidroksida dengan zat warna. Berdasarkan hasil penelitian, metode elektrokolorisasi dapat digunakan untuk mendegradasi zat warna Timol Biru hingga 100% [8], menggunakan. Metode elektrokolorisasi untuk mendegradasi zat warna rektofix merah 3. Hasil penelitian, metode elektrokolorisasi dapat mendegradasi zat warna proksion merah mx-8b hingga 98,58%. Kunci penting yang mempengaruhi keberhasilan proses elektrolisis pada elektrokolorisasi ini adalah bahan elektroda yang digunakan. Ketidakterdediaan suatu kutub positif (anoda) ideal dengan stabilitas dan aktifitas sempurna merupakan suatu masalah kritis dalam proses elektrokolorisasi air limbah yang mengandung zat organik. Penggunaan PbO_2 sebagai anoda dapat menjawab problem tersebut [9].

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah Elektroanaliser, Labu Takar, Gelas Ukur, Pengaduk, Erlenmeyer, Gelas Beker, Timbangan elektrik adaptor, *pH* meter, Kuvet Spektrometri UV-VIS, Pipet tetes. Bahan-bahan yang digunakan adalah H_2SO_4 , Na_2SO_4 serbuk, PbO_2 (dari lempengan aki), Cu (dari lempengan aki), Akuades Limbah cair batik dari Laweyan, Solo

Penentuan Absorbansi Maksimum

Sampel limbah cair zat warna kita ukur pada panjang gelombang yang menunjukkan absorbansi maksimumnya yaitu untuk senyawa berwarna rentang panjang gelombangnya yaitu antara 400–700 nm sedangkan untuk sampel pada penelitian ini yaitu pada 626nm.

Penentuan Potensial Kerja, Penentuan Waktu Optimum dan pH optimum.

Sampel limbah cair zat warna batik kita tambahkan Na_2SO_4 sebagai elektrolit pendukung untuk tiap 50ml sampel Na_2SO_4 sebanyak 0,72gram kemudian diaduk hingga homogen. Penentuan potensial kerja dilakukan dengan variasi potensial yang diberikan pada proses elektrolisis sampel, sehingga menghasilkan arus yang berbeda-beda pada tiap variasi potensial. Variasi potensial dilakukan tiap selang waktu 5 menit, kemudian arus yang mengalir didalam sistem elektrolisis dicatat dan digambarkan sebagai kurva potensial terhadap arus. Rentang potensial yang telah ada menyatakan tingkat energi yang setara dengan energi yang diperlukan untuk keberlangsungan proses transfer elektron pada sistem ini. Harga rentang potensial bersifat khas untuk masing-masing pelarut dan sistem larutan, dalam aplikasinya bergantung pada komposisi sistem elektrolit pendukung dan sifat alamiah dari elektroda kerja anoda (PbO_2). Rentang potensial ini memberikan arus batas paling besar sebatas yang boleh diberikan untuk tahap elektrolisis selanjutnya. Hal ini dilakukan supaya elektrolisis tidak terganggu dengan komplikasi reaksi yang bisa terjadi pada daerah potensial yang lebih besar.

Pada proses elektrolisis boleh menggunakan potensial yang melebihi potensial kerja akan tetapi yang terpenting adalah tidak melebihi potensial terbesar sistem elektrolisis, karena jika melebihi maka akan menyebabkan pelarut yang digunakan ikut terelektrolisis sehingga mekanisme elektrokimia yang dikaji akan menjadi rumit karena adanya persaingan antara reaksi kimia produk atau spesies kimia yang terdapat didalamnya, dihasilkan suhu selama elektrolisis yang cukup tinggi dibandingkan dengan potensial kerja dan hasil akhir yang diperoleh tidak maksimal atau tidak lebih baik dari hasil yang menggunakan potensial kerja. Oleh karena itu tidak perlu digunakan potensial yang melebihi rentang potensial kerja.

Potensial yang didapat antara 3,47 volt – 5,53 volt. Potensial kerja yang dipakai dalam penelitian ini adalah 5volt. Apabila potensial yang dipakai melebihi 5,53 volt maka akan mengakibatkan pelarut juga akan terelektrolisis sehingga mekanisme elektrokimia yang

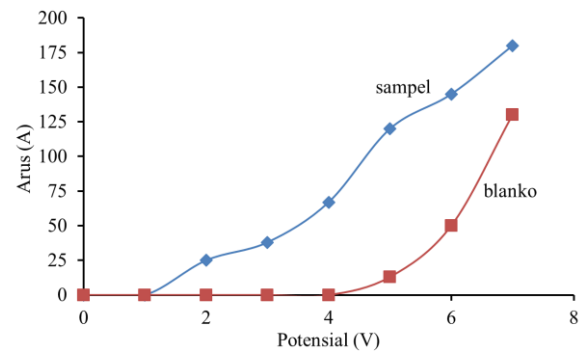
terjadi akan bertambah rumit, karena adanya kompetisi dan campur tangan reaksi kimia produk/spesies kimia yang terbentuk selama proses elektrolisis pelarut. Potensial kerja sama untuk kedua larutan yaitu sampel dan blanko, yang dimaksud blanko disini adalah sistem pelarut yang terdiri dari akuades dan Na₂SO₄ sebagai elektrolit pendukung. Waktu optimum dekolorisasi zat warna ditentukan dengan elektrolisis sampel pada potensial terkontrol dengan variasi waktu. Absorbansi dipilih sebagai parameter yang diukur. Elektrolisis dilakukan dengan menggunakan elektroda PbO₂/ Cu dengan waktu elektrolisis selama 120 menit dan absorbansi diukur setiap 10 menit. Proses dekolorisasi selain dengan variasi waktu juga dilakukan dengan variasi pH untuk mengetahui pada pH optimum pada sampel zat warna. Jika elektrolisis dilakukan pada suasana asam maka jumlah ion H⁺ akan semakin banyak, berdasarkan tinjauan kinetika bahwa semakin banyak jumlah reaktan (ion H⁺) maka produk yang dihasilkan juga akan semakin banyak. Dalam penelitian ini diperoleh kondisi optimum pada pH 2 karena variasi pH dilakukan pada kondisi pH genap saja, pada keadaan tersebut proses elektrodekolorisasi diharapkan lebih cepat dibandingkan dengan pH yang lebih besar, hal ini karena berkaitan dengan jumlah ion H⁺ yang ada pada larutan lebih banyak sehingga elektron yang terlibat dalam reaksi juga lebih banyak menyebabkan proses elektrodekolorisasi menjadi lebih cepat.

3. Hasil dan Pembahasan

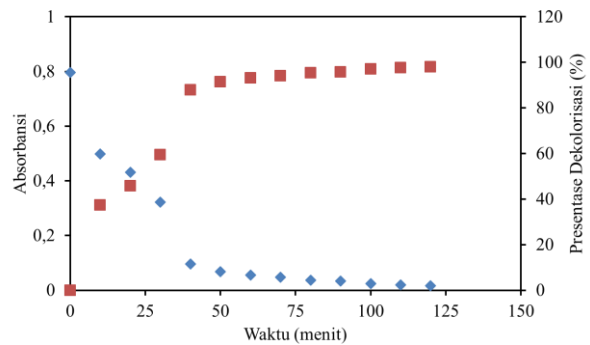
Perubahan sampel sebelum dan sesudah elektrolisis berdasarkan parameter Absorbansi dan pH.

Pada penelitian ini telah dilakukan elektrodekolorisasi zat warna yang terdapat pada limbah cair industri batik, dengan metode elektrolisis limbah zat warna tersebut dalam sistem elektroda PbO₂ sebagai anoda dan logam Cu sebagai katoda, serta penambahan elektrolit yaitu H₂SO₄ yang berfungsi menciptakan suasana asam dengan tujuan mengkondisikan pH. Elektrolisis dilakukan pada kondisi pH 2 atau pH asam, pada keadaan tersebut diharapkan elektrodekolorisasi lebih cepat dibandingkan dengan pH yang lebih besar, hal ini berhubungan dengan jumlah ion H⁺ yang ada pada larutan lebih banyak sehingga elektron yang terlibat dalam reaksi tersebut juga lebih banyak hal ini akan mempengaruhi proses elektrodekolorisasi menjadi lebih cepat. Na₂SO₄ sebagai elektrolit pendukung untuk menjaga agar arus tetap konstan dalam elektrolisis yang dilakukan selama 100 menit pada potensial 5 volt serta dilakukan pula pengukuran absorbansi zat warna sample, nilai TDS, TSS dan COD sebagai parameter yang diukur. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair industri batik Laweyan di kota Solo yang mengandung berbagai zat warna terutama remazol black-b. Elektrodekolorisasi dengan metode elektrolisis disini berhasil mendegradasi warna yang terlihat dari beberapa parameter yang telah diuji, absorbansi awal sampel limbah yaitu 0,796 dan setelah elektrolisis 0,016, sehingga persentase penurunan dekolorisasi sebesar 97,98 %. Presentase penurunan angka COD juga cukup signifikan yang mengindikasikan bahwa zat warna sudah

terdekolorisasi yaitu sebesar 99,80 %, TDS dan TSS masing-masing penurunan sebesar 90,20 % dan 99,70 %. Dari data kuantitatif tersebut menunjukkan bahwa elektrodekolorisasi limbah cair zat warna batik pada penelitian ini telah berhasil. Berikut grafik potensial kerja yang dipakai dalam penelitian ini.

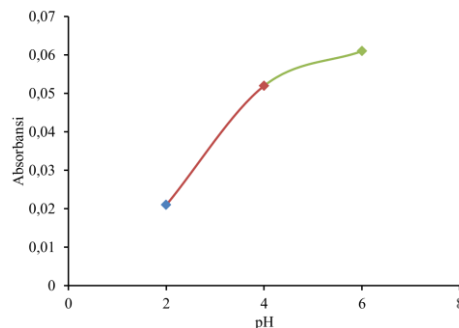


Gambar 1. Kurva hubungan antara Potensial kerja yang diberikan terhadap arus yang mengalir pada sample dan blanko



Gambar 2. Grafik hubungan antara penurunan absorbansi dengan waktu dekolorisasi dan presentase dekolorisasi.

Dari gambar tersebut diperoleh informasi bahwa waktu optimum yang diperlukan untuk proses dekolorisasi adalah 100 menit dan penurunan presentase absorbansi adalah sebesar 97,98%, angka ini mengindikasikan bahwa zat warna remazol black-B disini telah mengalami degradasi warna.



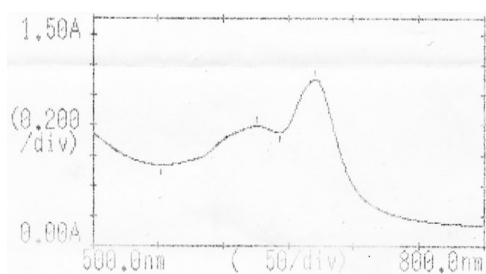
Gambar 3. Grafik pH versus Absorbansi

Dari gambar kurva tersebut menunjukkan bahwa pada pH 2 adalah pH optimum sampel limbah cair bekerja yakni pada absorbansi 0.021 dengan presentase dekolorisasi 97.36%, hal ini dikarenakan pada pH asam yakni pH 2 merupakan kondisi pH paling efektif untuk

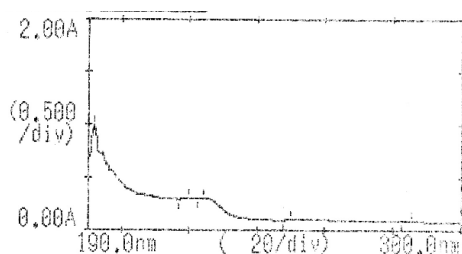
proses elektrokolorisasi, pada keadaan tersebut diharapkan elektrokolorisasi lebih cepat dibandingkan dengan pH yang lebih besar, hal ini berhubungan dengan jumlah ion H^+ yang ada pada larutan lebih banyak sehingga elektron yang terlibat dalam reaksi tersebut juga lebih banyak, hal ini akan mempengaruhi proses elektrokolorisasi menjadi lebih cepat.

Spektrofotometer UV-VIS

Spektra *UV-Vis* mewakili spektra untuk sampel zat warna yang menunjukkan suatu bentuk kurva spesifik yang dipengaruhi adanya gugus kromofor dalam senyawa tersebut. Pada kurva terlihat bahwa muncul beberapa jenis zat warna sejenis yang juga memiliki gugus kromofor seperti remazol black-b pada panjang gelombang 500nm hingga 600nm, hanya saja pada kurva ini lebih spesifik muncul untuk jenis remazol black b, yaitu pada 626 nm yang disebabkan juga karena gugus kromofor (pemberi warna) senyawa tersebut, warna yang dimunculkan secara visual yaitu jingga kekuningan.



Gambar 4. Spektra UV-Vis sample air limbah tekstil batik sebelum dielektrolisis



Gambar 5. Spektra UV-Vis sample air limbah tekstil batik sesudah dielektrolisis

Spektra kualitatif *UV-Vis* untuk sampel air limbah setelah dielektrolisis dengan anoda PbO_2 memperlihatkan bahwa tidak ada puncak baru atau absorbansi sampel pada rentang panjang gelombang 500-800 nm, kurva ini menekankan pada pengurangan panjang gelombang spesifik zat warna azo. Spektra itu menunjukkan bahwa zat warna yang ada dalam sampel telah terdegradasi oleh proses elektrolisis sehingga tidak lagi memiliki gugus kromofor. Menurut Noorikhlas [10], degradasi tersebut diperkirakan menghasilkan rantai C lebih pendek, bahkan degradasi sempurna menghasilkan CO_2 dan H_2O . Jadi dapat disimpulkan bahwa penggunaan PbO_2 sebagai anoda memberikan hasil elektrokolorisasi yang optimal dan efektif dengan kadar penurunan dekolorisasi sebesar 97,98%.

4. Kesimpulan

Elektrolisis air limbah industri batik menggunakan elektroda PbO_2/Cu efektif menurunkan intensitas warna limbah dengan presentase 97,98%, penurunan nilai total dissolved solid (TDS) sebesar 90,2% dan kekeruhan atau total suspended solid (TSS) sebesar 99,7%.

5. Daftar Pustaka

- [1] J Cascio, Best Management Practices For Pollution Prevention In The Textile Industry. J, *J Enviromental Protection*, 96, (1994) 625-629
- [2] M Esteves, J Dinis Silva, Electrochemical degradation of reactive blue 19 dye in textile wastewater, (2004)
- [3] Renita Manurung, Rosdanelli Hasibuan, Irvan, Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob & Aerob, in, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan, 2004.
- [4] Himanshu Patel, RT Vashi, Treatment of Textile Wastewaterby Adsorption and Coagulation, *Journal of Chemistry*, 7, 4, (2010) 1468-1476
- [5] MN Rashed, AA El-Amin, Photocatalytic degradation of methyl orange in aqueous TiO_2 under different solar irradiation sources, *International Journal of Physical Sciences*, 2, 3, (2007) 73-81
- [6] Siti Fatimah, Abdul Haris, Pengaruh Dopan Zink Oksida pada TiO_2 terhadap Penurunan Kadar Limbah Fenol dan Cr (VI) secara Simultan dengan Metode Fotokatalisis, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 17, 3, (2014) 86-89
- [7] Galih Widayanti, Didik Setiyo Widodo, Abdul Haris, Elektrokolorisasi Perairan Tercemar Limbah Cair Industri Batik dan Tekstil di Daerah Batang dan Pekalongan, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 15, 2, (2012) 62-69
- [8] Vinod Kumar Gupta, Rajeev Jain, Shaily Varshney, Electrochemical removal of the hazardous dye Reactofix Red 3 BFN from industrial effluents, *Journal of Colloid and Interface Science*, 312, 2, (2007) 292-296
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2007.03.054>
- [9] Yuehai Song, Gang Wei, Rongchun Xiong, Structure and properties of PbO_2-CeO_2 anodes on stainless steel, *Electrochimica Acta*, 52, 24, (2007) 7022-7027
<http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2007.05.024>
- [10] F Noorikhlas, Analisis Produk Elektrodstruksi Senyawa Penyusun Limbah Batik: Elektrolisis Larutan Remazol Black B, Departemen Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang