

Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metoda Elektrokoagulasi Menggunakan Seng Bekas sebagai Elektroda

Noni Ika Rahmawati^a, Suhartana^{a,*}, Gunawan^a

^a Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50275

* Corresponding author: suhartana@live.undip.ac.id

Article Info

Keywords:
Batik waste,
electrocoagulation,
scrap zinc

Kata kunci:
limbah batik,
elektrokoagulasi,
seng bekas

Abstract

The liquid waste treatment of batik industry by electrocoagulation method using used zinc as an electrode which aims to separate the naphthol dye from waste has been conducted. During the electrocoagulation process the zinc metal was capable of forming $Zn(OH)_2$ which acted as a dyestuff adsorbent. Since the $Zn(OH)_2$ floc was capable to adsorb the naphthol dye hence the dye could be separated from the waste. In the electrocoagulation process, determination of the best conditions was covering application potential, pH variation and electrolysis time. The result of this research showed that the application potential was 7 volts, the best pH was 12 and the electrolysis time was 20 minutes. At room temperature, electrocoagulation of batik liquid waste gave absorbance decrease of 97.64%, while the decrease of COD, TSS and turbidity content were 80.38%, 96.38% and 97.61% respectively. The FTIR test showed the presence of absorption similarities between waste before and after electrolysis. This showed that most of the dyestuffs had been separated from the wastewater and the electrocoagulation method could be applied to overcome the colored liquid waste.

Abstrak

Telah dilakukan penelitian pengolahan limbah cair industri batik dengan metoda elektrokoagulasi menggunakan seng bekas sebagai elektroda yang bertujuan untuk memisahkan zat warna naftol dari limbah. Selama proses elektrokoagulasi logam seng mampu membentuk $Zn(OH)_2$ yang berperan sebagai adsorben zat warna. Karena floks $Zn(OH)_2$ mampu mengadsorpsi zat warna naftol sehingga zat warna dapat dipisahkan dari limbah. Pada proses elektrokoagulasi dilakukan penentuan kondisi terbaik yang meliputi potensial aplikasi, variasi pH dan waktu elektrolisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa diperoleh potensial aplikasi sebesar 7 volt dengan pH terbaik 12 dengan waktu elektrolisis selama 20 menit. Pada temperatur kamar, elektrokoagulasi limbah cair batik memberikan penurunan absorbansi sebesar 97,64 %, sedangkan penurunan kandungan COD, TSS dan kekeruhan masing-masing adalah 80,38 %, 96,38 % dan 97,61 %. Pada uji FTIR menunjukkan adanya kemiripan serapan yang muncul antara limbah sebelum elektrolisis dan endapan hasil elektrolisis. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar zat warna telah dapat dipisahkan dari limbah cair dan metode elektrokoagulasi dapat diaplikasikan untuk mengatasi limbah cair berwarna.

1. Pendahuluan

Zat warna banyak digunakan dalam berbagai industri. Industri batik perumahan merupakan salah

satu industri yang banyak menggunakan zat warna yang sisanya dibuang begitu saja ke lingkungan sebagai limbah. Buangan proses pewarnaan batik ini menimbulkan dampak merugikan bagi lingkungan,

karena lingkungan mempunyai kemampuan terbatas untuk mendegradasi zat warna tersebut [1]. Pada pewarnaan batik menggunakan pewarna alam juga menggunakan pewarna buatan, misalnya senyawa naftol yang sangat berbahaya. Naftol merupakan salah satu zat warna yang banyak digunakan [2].

Limbah cair dari proses pewarnaan dan pencelupan batik merupakan salah satu sumber pencemaran air yang cukup tinggi jika tidak dilakukan pengolahan limbah. Teknologi pengolahan limbah cair secara biologi, kimia, fisika maupun kombinasi antara ketiga proses tersebut dapat digunakan untuk mengolah limbah cair industri batik. Untuk mengatasi masalah pengolahan limbah cair diperlukan alternatif baru untuk mengolah limbah cair industri batik yang efektif dan efisien dalam menurunkan polutan organik dan zat warna [3].

Disamping itu, lingkungan sekitar kita terdapat berbagai logam bekas seperti seng yang sudah tidak terpakai sehingga dapat mencemari lingkungan dan bila terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup dalam jumlah banyak akan beracun. Seng merupakan salah satu logam yang banyak digunakan dalam segala bidang kehidupan manusia, namun setelah tidak terpakai maka seng tersebut akan menjadi bahan pencemar karena seng mudah sekali diserap oleh tanaman, sulit terdegradasi dan usaha pemanfaatannya masih kurang [4]. Sementara itu menurut Cotton dan Wilkinson [5] seng memiliki sifat sebagai pengoksidasi dengan potensial standar oksidasi bernilai positif yaitu 0,76 Volt dan mampu membentuk koagulan logam hidroksida seperti besi. Logam seng mempunyai nilai hasil kali kelarutan $1 \times 10^{-17} \text{ mol L}^{-1}$ sehingga mudah mengendap dan membentuk gelatin Zn(OH)_2 [6] yang mempunyai pori-pori sehingga dapat digunakan untuk mengadsorpsi zat warna dari dalam larutannya melalui proses koagulasi.

2. Metode Penelitian

Penentuan Kondisi Terbaik Elektrokoagulasi

Penentuan Rentang Potensial Aplikasi

Sel elektrolisis dengan elektroda seng disiapkan. Selanjutnya sebanyak 50 mL limbah cair batik dimasukkan ke dalam gelas beker, kemudian ditambah 0,71 gram Na_2SO_4 dan ditambah H_2SO_4 0,05 N sampai pH menjadi 2. Selanjutnya dipindahkan ke dalam sel elektrolisis kemudian larutan dielektrolisis dengan variasi potensial listrik 1–10 volt selama 20 detik disertai pengukuran arus (I) yang dihasilkan. Perlakuan yang sama dilakukan terhadap larutan blanko, kemudian dari data yang didapat dibuat kurva potensial listrik terhadap arus listrik (E terhadap i) untuk memperoleh daerah kerja elektrolisis dan potensial minimal untuk mengelektrolisis sampel pada suasana asam.

Daerah potensial aplikasi untuk kondisi basa dapat dicari dengan perlakuan yang sama seperti pada kondisi asam tetapi dengan menambahkan NaOH 0,05 N sampai pH 10. Selanjutnya potensial aplikasi yang diperoleh dari suasana asam dan basa dibandingkan dan ditentukan potensial aplikasinya.

Elektrokoagulasi Limbah Cair Batik dengan Variasi pH

Sel elektrolisis dengan elektroda seng disiapkan. Selanjutnya sebanyak 50 mL limbah cair batik dimasukkan ke dalam gelas beker, kemudian ditambah 0,71 gram Na_2SO_4 dan ditambah H_2SO_4 0,05 N sampai pH menjadi 2. Selanjutnya dipindahkan ke dalam sel elektrolisis. Sel elektrolisis dihubungkan dengan potensial listrik luar dengan potensial aplikasi 7 volt selama 20 menit. Proses elektrolisis dilakukan pada suhu kamar. Setelah limbah selesai dielektrolisis kemudian disaring dan filtrat yang diperoleh dilakukan pengujian. Perlakuan tersebut diulang untuk variasi pH 4, 6, 8, 10, 12, 14 dengan menambahkan asam sulfat 0,05 M dan atau NaOH 0,05 M. Setelah dilakukan pengujian, maka diperoleh pH terbaik.

Elektrokoagulasi Limbah Cair Batik dengan Variasi Waktu Elektrolisis

Sel elektrolisis dengan elektroda seng disiapkan. Selanjutnya sebanyak 50 mL limbah cair batik dimasukkan ke dalam gelas beker, kemudian ditambah 0,71 gram Na_2SO_4 dan dikondisikan sesuai pH terbaik yaitu sebesar 12. Selanjutnya dipindahkan ke dalam sel elektrolisis. Sel elektrolisis dihubungkan dengan potensial listrik luar dengan potensial aplikasi 7 volt selama 10 menit. Proses elektrolisis dilakukan pada suhu kamar. Setelah limbah selesai dielektrolisis kemudian disaring dan filtrat yang diperoleh dilakukan pengujian. Perlakuan tersebut diulang untuk variasi waktu elektrolisis 20,30,40 dan 50 menit. Setelah dilakukan pengujian, maka diperoleh waktu minimum proses elektrolisis.

Elektrokoagulasi Limbah Cair Industri Batik pada Kondisi Terbaik

Limbah yang akan dielektrolisis ditempatkan pada seperangkat alat pengolah limbah sesuai dengan desain alat yang telah dibuat. Sel elektrolisis dengan elektroda seng bekas disiapkan sebanyak 16 buah. Kemudian dipasang pada rangkaian seperti pada desain alat. Selanjutnya sebanyak 1 liter limbah cair industri batik ditambah 14,2 gram Na_2SO_4 dan dilakukan penambahan NaOH 0,05 N sampai pH menjadi 12. Selanjutnya limbah dialirkan pada balok kaca yang telah disiapkan. Kemudian masing-masing elektroda dihubungkan pada potensial listrik luar dengan potensial aplikasi 12 volt dan dilakukan elektrolisis selama 20 menit. Setelah limbah cair batik selesai dielektrolisis kemudian disaring sehingga diperoleh limbah yang layak untuk dibuang. Filtrat yang diperoleh dilakukan pengujian dan endapan yang terbentuk dianalisis dengan menggunakan FTIR.

Analisis kualitatif

Analisis kualitatif dilakukan dengan beberapa parameter, antara lain:

Uji warna pada limbah. Pemeriksaan warna dilakukan dengan membandingkan warna sampel setelah elektrolisis dengan larutan sampel sebelum elektrolisis.

Uji warna dan bentuk endapan. Pemeriksaan warna dan bentuk endapan dilakukan dengan mengamati endapan yang terbentuk dari hasil elektrolisis serta dilakukan analisis menggunakan metode spektroskopi FTIR.

Uji Derajat Keasaman Limbah (pH). Pengujian dilakukan dengan mengukur pH limbah cair sebelum dan setelah dielektrolisis menggunakan pH meter.

Analisis kuantitatif

Penentuan Persentase Dekolorisasi Pewarna Naftol dalam Limbah Cair Industri Batik dengan Spektrofotometer

Penentuan panjang gelombang maksimum. Spektrofotometer dihidupkan, kemudian panjang gelombang diatur 420 nm, setelah itu larutan blanko dimasukkan dan ditransmitansi diatur 100% dan absorbansi nol. Kemudian blanko diambil diganti limbah cair batik. Perlakuan diulang dengan mengatur variasi panjang gelombang sampai dengan 670 nm dengan interval 10 nm. Setelah memperoleh data dibuat grafik dengan absorbansi sebagai sumbu Y dan panjang gelombang sebagai sumbu X. Puncak grafik menunjukkan panjang gelombang maksimum.

Pengukuran Absorbansi Larutan Limbah Batik. Absorbansi tiap limbah cair industri batik sebelum dan sesudah elektrolisis dengan berbagai konsentrasi pada panjang gelombang maksimum diukur dengan langkah-langkah sebagai berikut: larutan blanko dimasukkan ke dalam kuvet, setelah itu blanko di dalam kuvet ditempatkan pada spektrofotometer kemudian transmitansi diatur 100% dan absorbansi nol. Kemudian blanko diganti dengan limbah sebelum elektrolisis. Perlakuan yang sama diulang untuk limbah setelah elektrolisis yang lain.

Perhitungan Persentase Dekolorisasi Pewarna Naftol dalam Limbah Cair Industri Batik. Persentase dekolorisasi didapat dari absorbansi larutan sebelum elektrolisis dikurangi absorbansi larutan setelah elektrolisis dan dibagi absorbansi sebelum elektrolisis lalu dikali 100%.

$$\text{Persentase Dekolorisasi} = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\%$$

ΔA = Perubahan absorbansi yaitu absorbansi awal – absorbansi akhir

A_0 = absorbansi awal

Uji kadar COD

Pembuatan larutan pendestruksi. Penambahan 1,0216 g $K_2Cr_2O_7$ ke dalam 500 mL akuades. Lalu dilakukan penambahan 16,7 mL H_2SO_4 pekat dan 3,33 g $HgSO_4$ lalu diencerkan sampai 1000 mL.

Persiapan sampel limbah cair batik. Pencucian tabung refluks dan tutupnya menggunakan H_2SO_4 20% sebelum digunakan. Kemudian pada contoh uji dilakukan homogenasi. Pengambilan 2 mL sampel limbah dan penambahan 1 mL larutan pendestruksi

serta 2 mL larutan H_2SO_4 . Kemudian dilakukan penutupan tabung dan pengocokan sampai homogen dan peletakan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C, selanjutnya dilakukan pereflukan selama 2 jam.

Pembuatan Kurva Kalibrasi. Pengoptimalan parameter spektrofotometer dilakukan sesuai petunjuk penggunaan alat. Kemudian penyiapan 5 larutan standar KHP 0, 50,100,150, 200 ppm dengan volum yang sama. Selanjutnya dilakukan pembacaan absorbansi pada panjang gelombang 600 nm dan pembuatan kurva kalibrasi.

Pengujian kadar COD. Pendinginan secara perlahan sampel yang telah direfluks dan pendinginan sampai suspensinya mengendap. Kemudian dilakukan pengukuran sampel dan larutan standar pada panjang gelombang 600 nm. Pengukuran dilakukan dengan analisis duplo.

Uji Kekeruhan

Pengukuran kadar kekeruhan dilakukan dengan menggunakan alat Nefelometer. Langkah awal dengan mencuci tabung nefelometer dengan air suling kemudian sampel dimasukkan dalam tabung sehingga kadar kekeruhan akan terbaca oleh alat. Kadar kekeruhan dihitung dengan cara mengalikan nilai kekeruhan yang diperoleh dengan faktor pengenceran.

Uji TSS

Persiapan cawan. Botol timbang dimasukkan ke dalam oven pada suhu 103°C – 105°C selama satu jam kemudian dikeluarkan dari oven dan didinginkan di dalam desikator selama satu jam. Setelah didinginkan botol timbang yang berisi kertas saring ditimbang dengan neraca analitik

Pengujian Padatan Tersuspensi Total. Air limbah batik diaduk dengan *magnetic stirrer* untuk memperoleh air limbah batik yang homogen. Kemudian 100 mL limbah batik disaring menggunakan kertas saring yang sebelumnya telah dikeringkan di dalam oven dan dikeringkan di dalam desikator. Kertas saring yang berisi padatan tersuspensi dipindahkan ke dalam botol timbang dan dimasukkan ke dalam oven selama 2 jam pada suhu 103°C – 105°C. Setelah selesai dikeringkan selanjutnya dinginkan ke dalam desikator selama 1 jam untuk menyeimbangkan suhu dan ditimbang.

Perhitungan. Kadar Padatan Tersuspensi Total (mg/L) = $\frac{(A-B)}{V_{\text{contoh uji L}}} \times 1000$

Keterangan:

A = berat kertas saring dengan residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

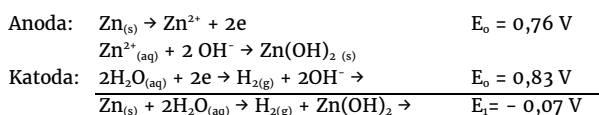
3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian pengolahan limbah cair batik dengan metode elektrokoagulasi menggunakan seng bekas sebagai elektroda bertujuan untuk mengurangi intensitas warna naftol dalam limbah cair batik dengan

terlebih dahulu mencari kondisi terbaik yang meliputi penentuan potensial aplikasi, pH dan waktu elektrolisis. Metode elektrolisis digunakan untuk mengurangi intensitas warna naftol dalam limbah cair batik karena dalam proses elektrolisis seng sebagai anoda akan dihasilkan $Zn(OH)_2$ yang berupa endapan gel yang mampu memflokulasi pewarna melalui kopresipitasi dan penambahan elektrolit maka seng lebih aktif dan lebih banyak teroksidasi. Jarak antar elektroda dibuat 1 cm dengan maksud agar gas hidrogen yang dihasilkan oleh katoda selama proses elektrolisis dapat mengenai permukaan anoda secara lebih merata sehingga dapat mempercepat proses pengapungan dan pengumpulan flok-flok seng hidroksida yang dihasilkan selama proses elektrolisis. Semakin besar jarak elektroda semakin besar pula hambatan yang timbul bagi reaksi yang sedang berlangsung. Hal ini sesuai dengan persamaan $R = \rho \frac{l}{A}$, jika luas penampang elektroda (A) dibuat konstan, maka semakin kecil jarak antar elektroda (l) semakin kecil pula hambatan (R) yang timbul dalam reaksi pada sistem elektrolisis tersebut. Sesuai hukum Ohm: $I = \frac{V}{R}$, pada potensial atau tegangan konstan, semakin kecil hambatan yang timbul, maka arus menjadi semakin besar sehingga mengakibatkan proses oksidasi yang terjadi semakin cepat. Semakin cepat proses oksidasi maka pembentukan flok seng hidroksida juga semakin cepat.

Efek Kelistrikan

Metode pengurangan intensitas warna pada limbah cair batik secara elektrolisis dengan elektroda seng dapat terjadi karena dalam sistem elektrolisis tersebut terjadi reaksi reduksi oksidasi. Pada anoda terjadi proses oksidasi yaitu seng teroksidasi menghasilkan kation seng (Zn^{2+}), sedangkan pada katoda terjadi reaksi reduksi air menghasilkan gas hidrogen dan anion hidroksida (OH^-). Reaksi redoks yang terjadi dalam sistem elektrolisis memenuhi persamaan berikut:



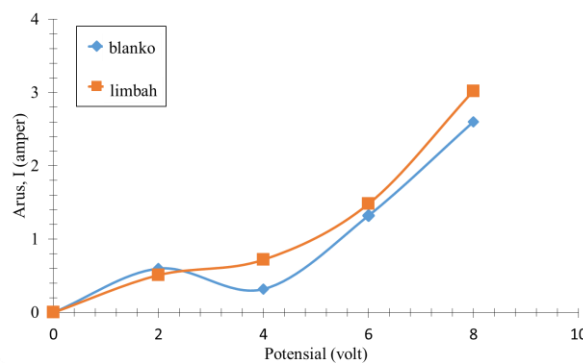
Harga potensial reaksi total yang terjadi bernilai negatif. Berdasarkan persamaan: $\Delta G = -n.F.E^o_{sel}$, maka harga perubahan energi bebas gibbs (ΔG) bernilai positif sehingga reaksi tidak dapat berlangsung secara spontan. Untuk dapat terjadinya reaksi agar elektrokoagulasi dapat berlangsung maka perlu diberikan potensial atau tegangan dari luar [7].

Reaksi redoks yang terjadi dapat mengakibatkan terjadinya flokulasi yaitu terbentuknya flok-flok seng hidroksida yang berupa endapan gelatin. Flok-flok yang terbentuk ini mampu mengadsorpsi pewarna naftol melalui proses kopresipitasi. Kopresipitasi zat warna naftol oleh endapan gelatin seng hidroksida tersebut terjadi karena adanya interaksi antara koloid seng hidroksida dan zat warna naftol oleh adanya gaya van der Waals yang disebabkan oleh perbedaan muatan pada permukaan kedua partikel tersebut.

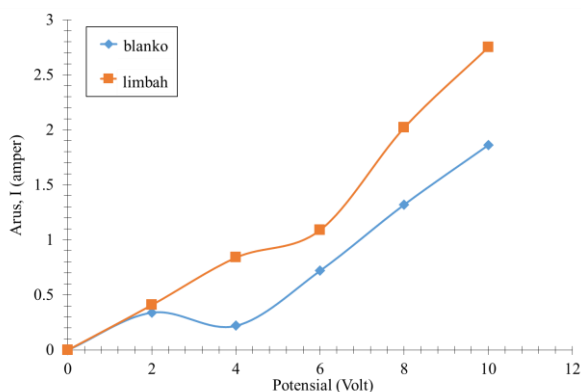
Elektrolisis Pelarut dan Penentuan Potensial Aplikasi

Elektrolisis pelarut dikerjakan dengan melakukan variasi potensial selama elektrolisis berlangsung. Arus yang mengalir di dalam sistem elektrolisis pada potensial tertentu dicatat dan digambarkan sebagai kurva potensial terhadap arus. Kurva ini memberikan informasi tentang ranah elektroaktif sistem pelarut berair pada pH tertentu (asam dan basa). Sistem ini terdiri atas akuades dan elektrolit pendukung (Na_2SO_4) tempat elektroda seng tercelup. Rentang potensial ini menggambarkan tingkat energi yang setara dengan energi yang diperlukan untuk berlangsungnya proses transfer elektron. Besar dan lebar rentang potensial ini bersifat khusus untuk setiap pelarut dan dalam penerapannya bergantung pula pada komposisi sistem elektrolit pendukung dan sifat alami elektroda kerja seng. Rentang potensial ini memberikan batas terbesar pemberian potensial pada tahap elektrolisis selanjutnya. Hal tersebut bertujuan supaya kajian elektrolisis tidak diganggu dengan komplikasi reaksi yang bisa terjadi pada daerah potensial yang lebih besar [8]. Penentuan rentang potensial dekomposisi ini dilakukan pada kondisi asam yang diwakili oleh pH 2 dan kondisi basa yang diwakili oleh pH 10.

Elektrolisis limbah cair batik dikerjakan pada harga potensial yang masuk dalam ranah elektroaktif pelarut akuades. Elektrolisis yang dilakukan di luar daerah ini akan mengakibatkan pelarut yang digunakan ikut terelektrolisis sehingga mekanisme elektrokimia yang dikaji menjadi bertambah rumit karena adanya kompetisi dan campur tangan reaksi kimia produk/spesies kimia yang terbentuk selama proses elektrolisis pelarut (Sebagaimana dijelaskan pada bagian atas subbab ini).



Gambar 1 Kurva hubungan antara arus dan potensial aplikasi dalam elektrolisis limbah dan larutan blanko pada pH asam

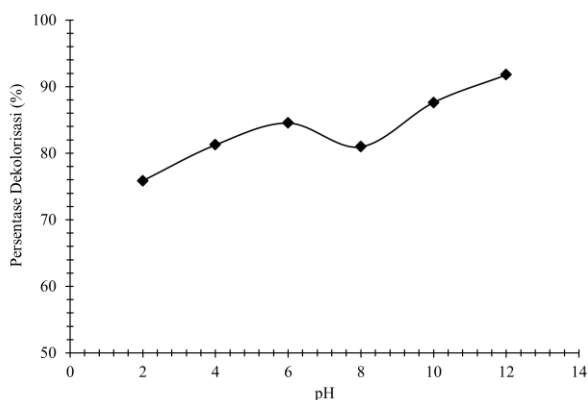


Gambar 2 Kurva hubungan antara arus dan potensial aplikasi dalam elektrolisis limbah dan larutan blanko pada pH basa

Gambar 1 dan 2 memberikan informasi rentang potensial elektrolisis dan potensial aplikasi terendah yang harus diberikan untuk proses elektrolisis selanjutnya. Untuk sistem elektrolisis dengan elektroda seng pada suasana asam diperoleh rentang potensial sebesar 5,8-7,4 volt sedangkan untuk suasana basa diperoleh rentang potensial 6,6-7,8 volt. Selanjutnya potensial aplikasi untuk elektroda seng ditetapkan sebesar 7 volt baik pada suasana asam maupun basa.

Pengaruh pH pada Elektrolisis

Setiap jenis air limbah terdapat sedikitnya satu daerah pH yang tepat untuk proses koagulasi-flokulasi. Oleh karena itu, agar proses elektrokoagulasi berlangsung secara maksimum maka setiap sistem harus dikondisikan pada pH optimumnya [9]. Untuk menentukan pH terbaik dekolorisasi limbah cair batik, dilakukan elektrolisis pada potensial terkontrol dengan variasi pH dan absorbansi sebagai parameter yang diukur. Elektrolisis dilakukan dengan menggunakan elektroda seng dengan variasi pH 2, 4, 6, 8, 10 dan 12. Dari data yang didapat kemudian digambarkan sebagai kurva pH terhadap persentase dekolorisasi.



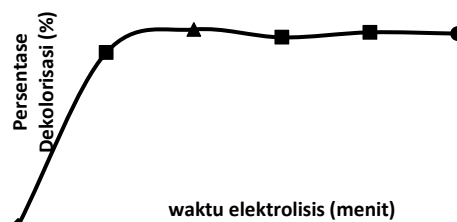
Gambar 3 Kurva hubungan antara pH dengan % dekolorisasi

Kurva ini memberikan informasi hubungan antara pH dengan persentase dekolorisasi limbah. Kecenderungan pH yang diperoleh akan digunakan sebagai parameter tetap pada proses elektrokoagulasi limbah cair batik. Pada penelitian ini persentase

dekolorisasi lebih tinggi pada suasana basa dan ditetapkan pH yang digunakan untuk elektrolisis limbah yaitu pada pH 12 dengan persentase dekolorisasi paling tinggi yaitu sebesar 91,80 %. Tingginya persentase dekolorisasi ini karena pada kondisi basa pembentukan floks Zn(OH)₂ lebih banyak dibanding pada kondisi asam. Zn(OH)₂ akan mulai terbentuk dan mengendap pada range pH 6-13. Hal ini sesuai dengan prinsip hasilkali kelarutan yang digunakan dalam pengendapan logam hidroksida, dimana pembentukan suatu endapan hidroksida logam tergantung pada pH larutan (Svehla, 1990).

Penentuan Waktu Elektrolisis

Untuk menentukan waktu elektrolisis dekolorisasi limbah cair batik, dilakukan elektrolisis pada potensial terkontrol dengan variasi waktu elektrolisis dan absorbansi sebagai parameter yang diukur. Elektrolisis dilakukan dengan menggunakan elektroda seng dengan variasi lama elektrolisis 10, 20, 30, 40 dan 50 menit. Data yang didapat kemudian digambarkan sebagai kurva waktu elektrolisis terhadap persentase dekolorisasi yang ditunjukkan pada Gambar 4. Kecenderungan waktu yang diperoleh akan digunakan sebagai parameter tetap pada proses elektrokoagulasi limbah cair batik skala 1 liter.



Gambar 4. Kurva hubungan antara waktu elektrolisis dengan persentase dekolorisasi limbah cair pada potensial 7 volt

Sesuai dengan hukum Faraday: $W = \frac{e.it}{96500}$, maka dengan peningkatan waktu maka berat endapan yang diperoleh akan semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu elektrolisis maka floks seng hidroksida yang terbentuk semakin besar karena ion seng yang terbentuk semakin banyak dan zat warna yang terkoagulasi akan semakin besar. Pada penelitian ini pada pH 12 diperoleh lama elektrolisis minimal selama 20 menit dengan persentase dekolorisasi 97,64%. Setelah melebihi waktu minimal maka persentase dekolorisasi cenderung tetap.

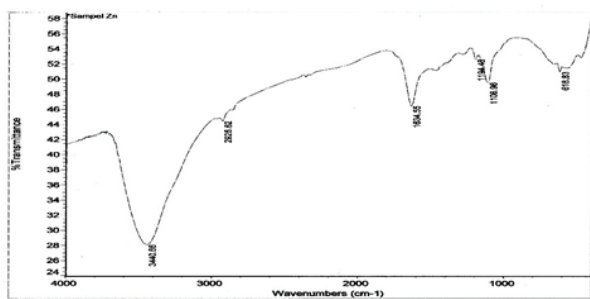
Mekanisme Dekolorisasi

Elektrokoagulasi zat warna naftol dalam limbah cair batik dapat terjadi karena proses adsorpsi secara fisik oleh floks Zn(OH)₂. Adsorpsi terjadi karena adanya proses kopresipitasi zat warna naftol dalam endapan gel seng hidroksida. Seng hidroksida ini akan tersuspensi membentuk koloid berupa partikel besar dan stabil, lalu partikel tersebut mengendap sebagai endapan berwujud gel. Pada proses pembentukan endapan tersebut seng hidroksida akan mengkopresipitasi pewarna yang ada dalam limbah sehingga terbentuk flok seng hidroksida-

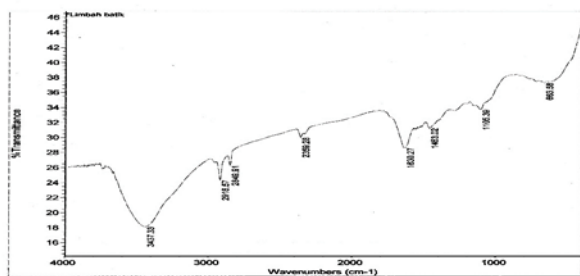
zat warna yang selanjutnya terflokulasi membentuk floks-floks yang mempunyai ukuran lebih besar dan akhirnya mengendap.

Penggunaan metode elektrolisis untuk menghasilkan adsorben seng hidroksida lebih efektif daripada dengan pemberian koagulan yang sama. Hal tersebut karena Zn yang teroksidasi menjadi Zn^{2+} belum sepenuhnya berikatan dengan ion hidroksida, sehingga floks $Zn(OH)_2$ yang terbentuk masih aktif sebagai inti floks yang akan mengkopresipitasi (membawa serta atau mengendap) zat warna kemudian terfloatasi di permukaan dan bergabung membentuk molekul yang lebih besar sehingga akan mengendap dan dapat dipisahkan dari cairan dengan penyaringan.

Terjadinya kopresipitasi zat warna naftol dengan seng hidroksida ditunjukkan oleh adanya kemiripan puncak-puncak spektra FTIR endapan limbah hasil elektrolisis dengan puncak-puncak spektra limbah sebelum dielektrolisis yang ditunjukkan oleh Gambar 5-6.



Gambar 5 Spektra FTIR Limbah Batik Sebelum Elektrolisis



Gambar 6 Spektra FTIR Residu Elektrolisis

Pada Gambar 5 terlihat bahwa spektra FTIR limbah batik sebelum pengolahan menunjukkan adanya serapan dengan puncak melebar pada $3437,33\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus OH alkohol. Adanya serapan C-O pada bilangan gelombang $1105,39\text{ cm}^{-1}$ juga memperkuat adanya gugus OH yang terikat pada rantai karbon. Pita ini diperkuat dengan adanya puncak serapan pada $1630,27\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan konjugasi ikatan rangkap dengan fenil yang mampu menggeser puncak serapan C=C.

Pada Gambar 6 dapat dilihat spektra FTIR endapan elektrolisis diasumsikan bahwa zat warna naftol telah berikatan dengan flok $Zn(OH)_2$, hal ini dapat ditunjukkan oleh adanya serapan dengan puncak melebar pada $3440,66\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya

gugus OH alkohol. Adanya serapan C-O pada bilangan gelombang $1108,96\text{ cm}^{-1}$ juga memperkuat adanya gugus OH yang terikat pada rantai karbon. Pita ini diperkuat dengan adanya puncak serapan pada $1634,55\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan konjugasi ikatan rangkap dengan fenil yang mampu menggeser puncak serapan C=C. Dengan adanya kemiripan spektra FTIR antara limbah sebelum pengolahan dengan residu hasil elektrolisis, maka dapat disimpulkan bahwa sebagian besar zat warna telah dapat dipisahkan dari limbah cair melalui proses elektrokoagulasi.

Disamping melalui mekanisme koagulasi proses dekolorisasi limbah batik dimungkinkan terjadi karena rusaknya struktur molekul naftol selama proses elektrolisis. Pada proses ini elektroda seng juga berperan sebagai elektroda biasa yang merupakan tempat oksidasi berlangsung. Untuk mendukung asumsi ini, dilakukan perbandingan proses elektrolisis dengan bahan elektroda yang tidak membentuk flok, seperti karbon. Pada elektrolisis limbah cair batik dengan elektroda karbon menyebabkan penurunan absorbansi dari 0,848 menjadi 0,349 atau dengan persentase dekolorisasi sebesar 58,8 %, karbon yang digunakan sebagai elektroda di anoda dan katoda bersifat inert sehingga tidak bereaksi dengan reaktan, produk dan elektrolit, maka floks yang diinginkan juga tidak terbentuk. Penurunan absorbansi terjadi karena proses degradasi zat warna yang dimungkinkan karena adanya kerusakan ikatan-ikatan pada gugus dalam struktur senyawa naftol.

Elektrokoagulasi Limbah Cair Berdasarkan Kondisi Terbaik

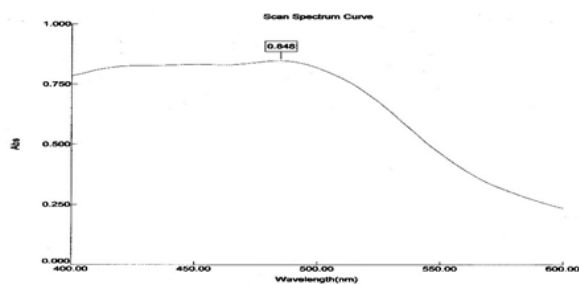
Setelah diketahui kondisi terbaik elektrolisis yang meliputi potensial 7 volt, pH 12 selama 20 menit maka dilakukan elektrokoagulasi limbah cair dalam skala 1 liter dengan 8 pasang elektroda yang disusun paralel menggunakan satu sumber tegangan listrik. Setelah dilakukan elektrolisis maka limbah disaring untuk memisahkan filtrat dan residunya, kemudian dilakukan analisis, baik kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif yang dilakukan antara lain pH, perubahan warna larutan dan endapan yang diperoleh. Analisis kuantitatif yang dilakukan antara lain penentuan persentase dekolorisasi, kadar COD, TSS dan kekeruhan. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Perbandingan kualitas limbah sebelum dan sesudah elektrolisis

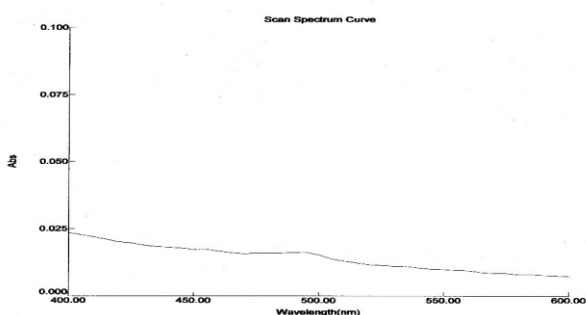
No	Parameter	Sebelum proses	Setelah proses	% Penurunan
1.	Derajat keasaman (pH)	7,33	9,24	-
2.	Kekeruhan (mg/L)	14,6,50	3,5	97,61
3.	COD (mg/L)	9969,5	1956,4	80,38
4.	TSS (mg/L)	692,5	5,0	96,38
5.	Warna (absorbansi)	0,848	0.02	97,64

Dari tabel di atas dapat di lihat bahwa terjadi penurunan kandungan COD, TSS, kekeruhan dan warna.

Kekeruhan dan TSS dapat diturunkan hingga 97,61 % dan 96,38 % karena zat warna dan senyawa kimia yang lain mampu dipisahkan dari limbah sehingga limbah hasil elektrolisis menjadi jernih. Kadar COD mampu diturunkan hingga 80,38 % karena sebagian besar senyawa organik termasuk zat warna dapat dipisahkan dari limbah, ada yang teradsorpsi oleh floks dan ada yang teroksidasi menghasilkan CO_2 dan H_2O . Hal ini juga ditandai dengan penurunan warna dari berwarna merah keruh menjadi bening dengan penurunan zat warna (persentase dekolorisasi) sebesar 97,64 % seperti yang ditunjukkan oleh spektra UV-Vis Gambar 7 dan 8:



Gambar 7 Spektra Kualitatif UV-Vis Limbah Cair Sebelum Elektrolisis



Gambar 8 Spektra Kualitatif UV-Vis Limbah Cair Setelah Elektrolisis

Spektra kualitatif UV-Vis untuk limbah cair sebelum elektrolisis seperti disajikan Gambar 7 menunjukkan adanya puncak pada panjang gelombang 485 nm (panjang gelombang maksimum 485 nm) yang disebabkan oleh warna dari senyawa (terutama naftol) yang berada dalam limbah cair tersebut. Spektra kualitatif UV-Vis untuk limbah cair yang telah dielektrolisis dengan elektroda seng seperti disajikan Gambar 8 memperlihatkan bahwa tidak ada puncak serapan pada daerah panjang gelombang 400-600 nm sehingga dapat disimpulkan bahwa zat warna naftol telah mampu dipisahkan dari limbah. Dengan melihat berbagai hasil di atas dapat disimpulkan bahwa elektrokoagulasi menggunakan seng sebagai elektroda untuk kasus-kasus zat warna dapat diaplikasikan.

4. Kesimpulan

Zat warna naftol dari limbah cair industri batik dapat didekolorisasi dengan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda seng. Kondisi terbaik elektrokoagulasi limbah cair batik menggunakan seng

sebagai elektroda yaitu pada potensial kerja 7 volt, pH 12, dan lama elektrolisis 20 menit. Menurut kondisi terbaik ini diperoleh persen dekolorisasi 97,64 %, penurunan COD 80,38 %, kekeruhan 97,61 %, dan TSS 96,38 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode ini efektif digunakan untuk mengatasi limbah cair industri batik.

5. Daftar Pustaka

- [1] Daniela Suteu, Doina Bilba, Equilibrium And Kinetic Study Of Reactive Dye Brilliant Red HE-3B Adsorption By Activated Charcoal, *Acta Chimica Slovenica*, 52 (2005) 73-79.
- [2] Manaskorn Rachakornkij, Sirawan Ruangchuay, Sumate Teachakulwiroj, Removal Of Reactive Dyes From Aqueous Solution Using Bagasse Fly Ash, *Songklanakar Journal Of Science And Technology*, 26 (2004) 13-24.
- [3] Renita Manurung, R Irvan, Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob-Aerob, *Jurnal*, (2004) 1-19.
- [4] Arifin, Metode Pengolahan Seng (Zn); Suatu Tinjauan Pada Instalasi Pengolahan Air, In, Tangerang, 2009.
- [5] Frank Albert Cotton, Geoffrey Wilkinson, *Advanced Inorganic Chemistry*, John Wiley & Sons, Incorporated, 1988.
- [6] G Svehla, *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro Dan Semimikro*, PT, Kalman Media Pustaka, Jakarta, 1990.
- [7] Philip Henri Reiger, *Electrochemistry*, Edisi Ke-2 Ed., Chapman And Hall, New York, 1993.
- [8] WA Kristianto, Penggunaan Timbal Dioksida Dan Grafit Untuk Elektrokolorisasi Zat Warna Remazol Black B Penyusun Limbah Cair Batik, In, Skripsi, 2008.
- [9] William Wesley Eckenfelder, *Industrial Water Pollution Control*, Mcgraw-Hill, 1989.