

## PENURUNAN TSS DAN WARNA LIMBAH INDUSTRI BATIK SECARA ELEKTRO KOAGULASI

**Novianti Dwi Lestari dan Tuhu Agung**

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

e-mail : [novianti.lestari@gmail.com](mailto:novianti.lestari@gmail.com)

### ABSTRAK

Elektrokoagulasi adalah proses destabilisasi suspensi, emulsi dan larutan yang mengandung kontaminan dengan cara mengalikan arus listrik searah (DC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efisiensi penurunan Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS) dan zat warna. Proses elektrokoagulasi dengan variasi kuat arus yaitu 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 Ampere dan waktu kontak 20, 60, 100, 140 dan 180 menit. Proses elektrokoagulasi ini menggunakan enam plat aluminium sebagai elektroda. Hasil analisis menunjukkan persentase penyisihan COD tertinggi mencapai 83.33% terjadi pada menit ke 180 dengan kuat arus 2,5 Ampere, persentase penyisihan TSS mencapai 90% dan zat warna mencapai 88.51% dengan waktu kontak 180 menit dan kuat arus 2,5 Ampere.

**Kata kunci : Elektrokoagulasi, limbah batik, zat warna**

### ABSTRACT

*Electrocoagulation is a process of destabilization of suspensions, emulsions and solutions containing contaminants by flowing direct current electric to form clots that are easily separated. This research to determine the efficiency decrease level of Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS) and the coloring substance. Electrocoagulation process with various current strength is 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 Ampere and contact time is 20, 60, 100, 140 and 180 minutes. Electrocoagulation process with six by aluminium as electrodes. Laboratory result showed COD separation with highest percentage reached 83.33% at 180 minutes with current strength 2,5 Ampere, TSS separation efficiency 90% and coloring substance 88.51% at 180 minutes with current strength 2,5 Ampere.*

**Keywords : Electrocoagulation, wastewater, Coloring substance**

## PENDAHULUAN

Industri Batik Tulis merupakan salah satu industri tekstil yang muncul pertama kali pada abad ke-17. Dalam proses produksinya, industri batik banyak menggunakan bahan-bahan kimia misalnya zat warna yang digunakan pada proses pewarnaan.

Pada umumnya kandungan yang terdapat pada industri batik berupa bahan organik, logam berat, padatan tersuspensi serta minyak dan lemak, sehingga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu agar saat di buang ke badan air tidak membahayakan lingkungan. Berbagai pengolahan yang umum digunakan pada limbah cair industri batik adalah pengendapan biasa, adsorpsi, filtrasi dan flotasi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan elektrokoagulasi dalam menurunkan parameter kandungan warna, COD dan TSS dan mengetahui efisiensi penurunan parameter dengan menggunakan metode elektrokoagulasi.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Air Limbah

Air limbah juga dikenal sebagai *sewage*, mula-mula dari limbah rumah tangga, manusia dan binatang, tapi kemudian berkembang selain dari sumber-sumber tersebut juga air limbah berasal dari kegiatan industri, run off, infiltrasi air bawah tanah. Air limbah pada dasarnya 99,94% berasal dari sisa kegiatan, sedang 0,06% berasal dari material terlarut oleh proses alam (Lin, S dalam Aris, 2006). Sumber air limbah dikelompokkan menjadi yaitu : air limbah domestik dan air limbah non domestik, salah satu contoh dari air limbah non domestik adalah kegiatan industri. Peningkatan akan kebutuhan bahan sandang serta kemajuan teknologi mendorong sejumlah industri

berdiri baik skala makro maupun mikro, salah satunya industri batik.

### Air Limbah Batik

Industri batik merupakan salah satu penghasil cair yang berasal dari proses pewarnaan, selain kandungan zat warnanya tinggi, limbah industri batik juga mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar larut atau sukar diuraikan. Setelah proses pewarnaan selesai akan dihasilkan limbah cair yang berwarna keruh dan pekat, biasanya warna air limbah tergantung pada zat warna yang digunakan, limbah air yang berwarna-warni ini yang menyebabkan masalah terhadap lingkungan.

Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri batik umumnya merupakan senyawa organik non-biodegradable yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama perairan. Jika industri batik tersebut membuang limbah cair, maka aliran limbah tersebut akan melalui perairan di sekitar permukiman, limbah tersebut dapat menaikkan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*). Jika hal ini melampaui ambang batas yang diperbolehkan, maka gejala yang paling mudah diketahui adalah matinya organisme perairan.

Salah satu contoh warna yang banyak dipakai industri batik adalah remazol black, red dan golden yellow. Dalam perwarnaan, senyawa ini hanya digunakan sekitar 5% sedangkan sisanya 95% akan dibuang sebagai limbah. Senyawa ini cukup stabil sehingga sangat sulit untuk terdegradasi di alam dan berbahaya bagi lingkungan apalagi dalam konsentrasi yang sangat besar karena dapat menaikkan COD (*Chemical Oxygen Demand*).

### Elektrokimia

Elektrokimia adalah peristiwa kimia yang berhubungan dengan energi listrik. Prinsip dasar reaksi pada elektrokimia

adalah reaksi reduksi oksidasi (redoks), reaksi tersebut terjadi pada suatu sistem sel elektrokimia. Sesuai dengan reaksi yang berlangsung, elektroda dalam suatu sistem elektrokimia dapat dibedakan menjadi katoda, yakni elektroda dimana reaksi reduksi (reaksi katodik) berlangsung dan anoda dimana reaksi oksidasi (reaksi anodik) berlangsung. Metode elektrokimia memiliki kelebihan dan kekurangan, diantaranya: metode elektrokimia menggunakan peralatan yang relatif murah di dalam pemanfaatannya dan metode elektrokimia sangat efektif untuk mendeteksi konsentrasi ukuran submicromolar dan subpicmolar, sedangkan kekurangan dari metode elektrokimia adalah reaksi elektrokimia yang terjadi pada elektroda dapat menyebabkan timbulnya lapisan (*double layer*) yang menempel di sisi luar elektroda dan dapat berfungsi sebagai kapasitor, sehingga dapat memperbesar hambatan yang terjadi dan memperkecil kuat arus di dalam reaksi tersebut (Sawyer dalam Aris, 2006).

### Elektrokoagulasi

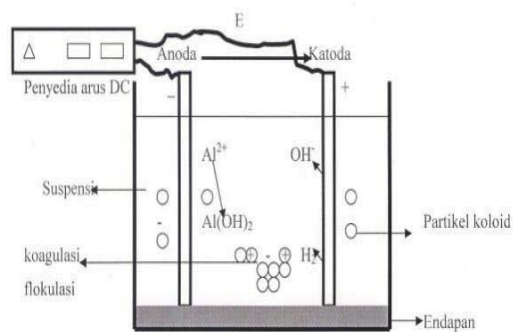
Elektrokoagulasi adalah proses destabilisasi suspensi, emulsi dan larutan yang mengandung kontaminan dengan cara mengalirkan arus listrik searah melalui air menyebabkan terbentuknya gumpalan yang mudah dipisahkan.

Elektrokoagulasi merupakan proses elektrolisis, dengan demikian maka membutuhkan tenaga listrik, penghantar listrik dan elektroda. Untuk elektrokoagulasi yang dibutuhkan adalah listrik arus searah (DC), penghantar listriknya adalah larutan elektrolit, dalam hal ini adalah air yang akan diolah, sedangkan elektroda yang digunakan pada umumnya adalah aluminium yang memiliki sifat sebagai koagulan. Elektroda dalam proses

elektrokoagulasi merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia).

### Mekanisme Proses Elektrokoagulasi

Berikut ini adalah salah satu contoh mekanisme proses elektrokoagulasi yang ditunjukkan gambar 1:



Gambar 2.1 Prinsip proses elektrokoagulasi

Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit yaitu ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi oleh ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi. Pada anoda akan dihasilkan gas berupa gelembung-gelembung udara dan buih, selanjutnya gas yang terbentuk akan mengikat partikel-partikel koloid yang ada di dalam limbah yang telah terdestabilisasi, sehingga partikel-partikel koloid yang terdestabilisasi terdorong ke permukaan. Flok yang terbentuk ternyata memiliki ukuran yang relatif kecil dan flok yang terbentuk tadi lama-kelamaan akan bertambah besar ukurannya lalu mengendap ( Bayu, 2010).

### Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Elektrokoagulasi

#### 1. Suhu

Semakin tinggi suhu dalam cairan, maka semakin besar energi aktifasinya, sehingga kecepatan reaksi akan semakin besar, sehingga kemungkinan proses oksidasi akan semakin cepat.

#### 2. Waktu Kontak

Faktor yang sangat berpengaruh dalam proses elektrokoagulasi, maka semakin lama waktu kontak penempelan ion-ion logam pada elektroda semakin banyak.

#### 3. Kuat Arus Listrik

Dalam proses elektrokoagulasi arus yang digunakan yaitu arus searah yang dicari sampai optimum, besarnya arus dapat menyebabkan pembentukan gas  $H_2$  yang terlalu besar dan cepat bisa memecahkan flok yang sudah terbentuk.

#### 4. Tegangan

Karena arus listrik yang menghasilkan perubahan kimia mengalir melalui medium (logam atau elektrolit) disebabkan adanya beda potensial, karena tahanan listrik pada medium lebih besar dari logam, maka perlu diperhatikan adalah mediumnya dan batas antar logam dengan medium.

#### 5. Kadar keasaman (pH)

Karena pada proses elektrokoagulasi terjadi proses elektrolisis air yang menghasilkan gas hydrogen dan ion hidroksida, dengan semakin lama waktu kontak yang digunakan, maka semakin cepat pembentukan gas hydrogen dan ion hidroksida, apabila ion hidroksida yang dihasilkan lebih banyak maka akan menaikkan pH dalam larutan.

### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium secara batch. Alat elektrokoagulasi yang dibuat terdiri dari dua komponen yaitu bak elektrokoagulasi dan plat elektroda. Bak elektrokoagulasi dibuat dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 15 cm dan tinggi

20 cm. elektroda terdiri dari 3 buah katoda dan 3 buah anoda yang terbuat dari bahan aluminium.

Dalam penelitian ini dilakukan variasi kuat arus yaitu 0,5, 1, 1,5, 2 dan 2,5 Ampere dan variasi waktu kontak 20, 60, 100, 140 dan 180 menit dengan tegangan tetap 12 volt dan jarak antar elektroda 1 cm. Limbah yang digunakan dalam penelitian adalah limbah asli yang berasal dari bak penampung yang merupakan outlet dari proses industri batik. Parameter yang dianalisis adalah bahan organik dalam bentuk *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solids* (TSS) dan zat warna. Gambar 2 menunjukkan alat dari elektrokoagulasi :



Gambar 2. Alat Elektrokoagulasi

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah limbah cair industri batik daerah Sidoarjo. Sampel diambil pada bak penampung limbah industri batik yang merupakan outlet dari proses industri. Air limbah yang dimasukkan ke dalam bak elektrokoagulasi sebanyak 1 liter.

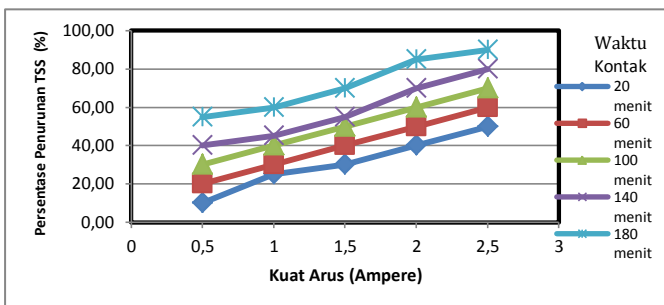
**Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Kontak Terhadap Penurunan TSS**

t menit	Kuat Arus (Ampere)				
	0.5	1	1.5	2	2.5
20	10%	25%	30%	40%	50%
60	20%	30%	40%	50%	60%
100	30%	40%	50%	60%	70%
140	40%	45%	55%	70%	80%
180	55%	60%	70%	85%	90%

**Tabel 1.** Pengaruh kuat arus dan waktu kontak terhadap penurunan TSS

Tabel 1 menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi dengan berbagai variasi kuat arus dan waktu kontak dalam penurunan TSS menunjukkan pada kuat arus 2,5 A dan waktu kontak 180 menit dapat menyisihkan 90%, sedangkan pada kuat arus 0,5 A dan waktu kontak 20 menit dapat menyisihkan 10%.

**Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Kontak Terhadap Penurunan TSS**



**Gambar 3** Hubungan antara kuat arus dengan persentase penurunan TSS pada waktu kontak yang bervariasi.

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa semakin lama waktu kontak dan semakin besar kuat arus penurunan TSS semakin besar. Hal ini disebabkan karena partikel-partikel yang terkandung dalam air limbah

organik umumnya bermuatan negatif, karena muatan yang sejenis terjadi gaya tolak-menolak antar partikel yang menyebabkan partikel dalam keadaan stabil. Pada saat proses elektrokoagulasi, ion positif dan negatif yang dihasilkan oleh elektroda yang terbuat dari logam seperti aluminium akan mendestabilisasikan partikel-partikel yang ada dalam air limbah (Andik Yulianto, 2009). Pada elektroda anoda akan mengalami reaksi oksidasi terhadap anion (ion negatif) membentuk  $Al^{3+}$  dan mengikat  $OH^-$  membentuk senyawa  $Al(OH)_3$  yang dapat mengikat polutan, sedangkan pada katoda akan menghasilkan gas hydrogen ( $H_2$ ) yang berfungsi untuk mengangkat flok yang terbentuk keatas permukaan, flok yang terbentuk lama kelamaan akan bertambah besar dan akhirnya mengendap ke dasar bak elektrokoagulasi.

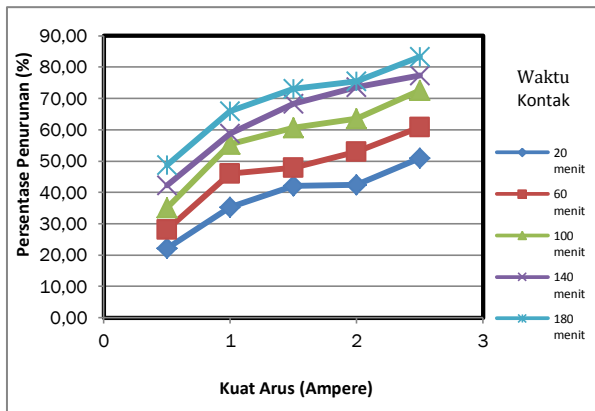
**Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Kontak Terhadap Penurunan COD**

t menit	Kuat Arus (Ampere)				
	0.5	1	1.5	2	2.5
20	22.22 %	35.29 %	42.14 %	42.48 %	50.98 %
60	28.14 %	46.03 %	47.86 %	53.03 %	60.75 %
100	35.14 %	55.42 %	60.61 %	63.49 %	72.64 %
140	42.33 %	58.71 %	68.25 %	73.58 %	77.27 %
180	48.66 %	65.88 %	73.02 %	75.47 %	83.33 %

**Tabel 2.** Pengaruh kuat arus dan waktu kontak terhadap penurunan COD.

Tabel 2 menunjukkan penurunan COD tertinggi pada kuat arus 2,5 A dan waktu kontak 180 menit sebesar 83,33% dan penurunan terendah pada

kuat arus 0,5 A dan waktu kontak 20 menit sebesar 22,22%.



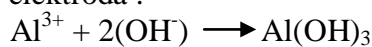
**Gambar 4** Hubungan antara kuat arus dengan persentase penurunan COD pada waktu kontak yang bervariasi.

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa semakin lama waktu kontak dan semakin besar kuat arus maka penurunan COD juga semakin besar. Hal ini disebabkan proses oksidasi dan reduksi didalam reaktor elektrokoagulasi. Pada elektroda-elektroda terbentuk gas oksigen dan hidrogen yang akan mempengaruhi reduksi COD. Berdasarkan teori *double layer*, penurunan COD disebabkan flok yang terbentuk oleh ion senyawa organik berikatan dengan ion koagulan yang bersifat positif. Molekul-molekul pada limbah batik terbentuk menjadi flok, partikel koloid pada limbah bersifat mengikat partikel. Pada proses elektrokoagulasi dapat dijabarkan dengan reaksi dibawah ini :

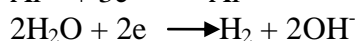
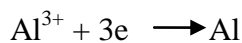
1. Pada permukaan elektroda positif (anoda) :



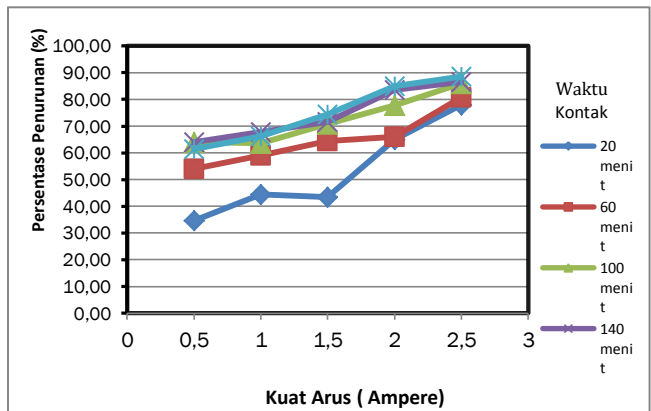
2. Sekitar elektroda :



3. Pada permukaan elektroda negatif (katoda) :



**Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Kontak Terhadap Penurunan Warna**



**Gambar 5** Hubungan antara kuat arus dengan persentase penurunan warna pada waktu kontak yang bervariasi.

Warna juga merupakan senyawa yang dapat digunakan dalam bentuk larutan sehingga penampangnya berwarna. Dalam industri batik, warna yang digunakan adalah warna sintesis yaitu naphthol dan itu merupakan warna semu, warna semu adalah warna yang disebabkan oleh adanya kekeruhan atau bahan tersuspensi penyebab warna sejati termasuk koloid.

Penurunan warna disebabkan oleh proses adsorpsi, substansi molekul meninggalkan larutan limbah dan bergabung pada permukaan zat padat atau koagulan pada proses elektrokoagulasi. Proses adsorpsi disini berfungsi untuk menyisahkan senyawa-senyawa aromatik dan senyawa-senyawa terlarut, umumnya warna yang digunakan pada industri batik adalah warna sintesis yaitu naphthol. Setelah proses elektrokoagulasi terjadi penurunan sebesar 88,51%.

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Elektrokoagulasi dapat menurunkan kandungan Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS) dan warna pada limbah cair industri batik. Penurunan COD menjadi 112 mg/l, TSS 40 mg/l dan warna 13,75 mg/l.
2. Efisiensi penurunan maksimum konsentrasi COD sebesar 83.51%, TSS 90% dan warna 88.51%.
3. Kondisi terbaik pada penelitian ini dicapai pada kuat arus 2,5 Ampere dengan waktu kontak 180 menit dan tegangan 12 volt. Variabel yang berpengaruh pada penelitian ini adalah waktu kontak dan kuat arus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aris, Mukimin. (2006). *“Pengolahan Limbah Industri Berbasis Logam Dengan Teknologi Elektrokoagulasi Flotasi”* Program Studi Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Gintings, P. (1995). *“Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri”*. Pustaka Harapan. Jakarta.
- Hari. B, Harsanti Mining. (2010). *“Pengolahan Limbah Cair Tekstil Menggunakan Proses Elektrokoagulasi Dengan Sel AL-AL”*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, Yogyakarta.
- Hudori. (2008). *“Pengolahan Limbah Laundry dengan Menggunakan Elektrokoagulasi”*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Bandung.
- Lirrey, Ferdinand Jesaya. (2010). *“Pengolahan Limbah Cair Industri Pembekuan Menggunakan Teknologi Plasma”*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
- Pandebesie, E.S, dkk. (2002). *“Pengelolaan Sistem Drainase dan Penyaluran Air Limbah. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. Pusat Keahlian Teknik Bandung.”*
- Prasmono, Bayu. (2010). *“Pengolahan Air Limbah Cold Storage Menggunakan Proses Elektrokoagulasi”*, Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
- Reynolds, T.D and Richards. (1997). *“Unit Operation and Processes in Enviromental Engineering”*. Second Edition. PWS Publising Company. Boston.

Sutanto, Widjajanto, dkk. (2011).  
“*Penurunan Kadar Logam dan  
Kekeruhan Air Limbah  
Menggunakan Proses  
Elektrokoagulasi*”. Jurnal  
Ilmiah Elektro. Politeknik  
Negeri Jakarta, Depok.

Yulianto, Andik, dkk. (2009).  
“*Pengolahan Limbah Cair  
Industri Batik Pada Skala  
Laboratorium Dengan  
Menggunakan Metode  
Elektrokoagulasi*”. Jurusan  
Teknik Lingkungan.  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta.