

Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Alumunium dan Besi pada Pengolahan Air Limbah Batik

Nabila Fauzi¹⁾, Kartika Udyani²⁾, Daril Ridho Zuchrillah³⁾, Fitriatun Hasanah⁴⁾

^{1),2),3)4)}Teknik Kimia, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rahman Hakim No.100,Sokolilo, Surabaya,Jawa Timur,60117
Email : nafilazi74@gmail.com

Abstrak. Limbah merupakan salah satu penyumbang terbesar dalam masalah pencemaran lingkungan khususnya pencemaran air. Seperti pada industri batik skala rumah tangga yang secara umum masih belum memiliki instalansi pengolahan limbah cair. Tujuan dari penelitian ini salah satunya untuk menganalisa pengaruh variasi tegangan listrik terhadap perubahan persen removal TSS, COD, BOD, pada pengolahan air limbah batik. Dalam penelitian ini, elektroda yang digunakan yaitu alumunium sebagai anoda (Al) dan besi (Fe) sebagai katoda. Proses elektrokoagulasi ini dilakukan dengan menggunakan tegangan 3 volt, 6 volt, 9 volt, dan 12 volt dengan variasi waktu 90 menit, 150 menit dan 210 menit. Penelitian ini dilakukan dengan merangkai elektroda yang di susun secara parallel dengan jarak elektroda 1,5 cm. Hasil penelitian menunjukkan kadar konsentrasi TSS pada waktu 150 menit dengan tegangan 12 volt, persen removal yang diturunkan sebesar 76,08 %. Konsentrasi COD pada waktu 90 menit, dengan tegangan yang diberikan 6 volt persen removal yang diturunkan sebesar 94,01 %, konsentrasi BOD dengan persen removal sebesar 97,30 % pada waktu 90 menit dengan tegangan 6 volt.

Kata kunci: COD, BOD, TSS, Elektroda, Elektrokoagulasi.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Perkembangan zaman dengan tingkat modernisasi yang tinggi pada saat ini membuat kebutuhan manusia semakin tinggi. Tingginya sifat konsumtif masyarakat serta dengan kemajuan teknologi yang semakin canggih, membuat industri berkembang semakin pesat. Namun dari hasil kegiatan industri yang dilakukan menyebabkan dampak negatif yang berupa hasil sampingan yang biasa dikenal sebagai limbah. Mengingat pentingnya menjaga ekosistem lingkungan, limbah yang di dihasilkan harus melalui proses pengolahan lebih lanjut, dengan tujuan agar tidak terjadi kehilangan keseimbangan alam pada masa yang akan datang. Dalam penanganan limbah ini ada dua alternatif yang dapat dilakukan. Yang pertama dengan mengolah limbah tersebut sampai sesuai dengan batas baku mutu yang telah di tetapkan oleh pemerintah setempat sehingga layak untuk dibuang, atau melakukan proses pengolahan limbah menjadi bahan serta produk yang dapat dimanfaatkan. Untuk limbah anorganik yang sering dijumpai yaitu dalam proses produksi industri batik, industri batik banyak menggunakan bahan kimia dan air. Bahan kimia biasanya digunakan pada proses pencelupan atau pewarnaan. Pada umumnya polutan yang terkandung pada limbah batik berupa logam berat, padatan tersuspensi, atau zat organik. Oleh karena itu, apabila buangan limbah batik dibuang secara langsung ke lingkungan tanpa adanya pengolahan lebih lanjut maka dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Ada berbagai metode dalam pengolahan limbah. Salah satunya limbah cair yang dihasilkan dari industri dapat dilakukan pengolahan secara elektrokimia (elektrolisis). Pengolahan limbah secara elektrokimia (elektrolisis) dipilih karena pada prosesnya tidak menggunakan bahan kimia, sehingga tidak perlu dilakukan penetralan terhadap pemakaian bahan kimia berlebih. Berdasarkan uraian tersebut peneliti melakukan penelitian dengan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda alumunium dan besi dalam penurunan konsentrasi TSS, COD, BOD, pada pengolahan air limbah batik menggunakan rangkaian elektroda yang disusun secara paralel dengan rangkaian yang berbeda. Hal tersebut diharapkan dapat memiliki efektifitas yang baik dalam menurunkan kadar pencemar yang terdapat pada limbah cair batik. Selain itu, selama proses berlangsung kemungkinan terbentuk polutan baru (*secondary pollutant*) sangat kecil (Avsar, 2007). Penelitian (Ni'am dkk, 2017) menunjukkan penelitian tersebut menggunakan elektroda Al dan Fe dengan menggunakan perbedaan tegangan, kuat arus dan waktu yang terbukti dapat menurunkan konsentrasi COD hingga 65%-76% dan konsentrasi TSS dapat diturunkan hingga 85%.

Rumusan Masalah

Penggunaan air yang banyak dalam industri menghasilkan limbah cair yang mengandung bahan organik dan anorganik dalam kadar volume yang tinggi. Limbah tersebut akan berdampak negatif jika dibuang langsung ke lingkungan. Pengolahan limbah cair di industri saat ini masih menggunakan sistem aerasi yang menggunakan tempat yang luas serta biaya yang tinggi.

Teknologi elektrokoagulasi berbasis listrik dapat menghilangkan kontaminan yang kurang efisien dengan penyaringan, mikrobiologi, atau pengolahan limbah dengan bahan kimia. Pemilihan tegangan listrik dan waktu elektrolisis dapat mempengaruhi penurunan konsentrasi TSS, COD, BOD yang maksimum. Dengan hal tersebut metode elektrokoagulasi diterapkan pada pengolahan limbah cair industri batik.

Tinjauan Pustaka

Proses Elektrokoagulasi

Prinsip kerja dari elektrokoagulasi ini adalah dengan menggunakan dua buah lempeng elektroda yang dimasukkan ke dalam bejana yang telah diisi dengan air yang akan dijernihkan. Selanjutnya kedua elektroda dialiri arus listrik searah sehingga terjadilah proses elektrokimia yang menyebabkan kation bergerak menuju katoda dan anion bergerak menuju anoda, sehingga pada akhirnya akan terbentuk suatu flokulan yang akan mengikat kontaminan maupun partikel-partikel dari air baku tersebut (Hari dan Harsanti, 2010). Mekanisme yang mungkin terjadi pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung yaitu arus dialirkan melalui suatu elektroda logam, yang mengoksidasi logam (M) menjadi kationnya. Secara simultan, air tereduksi menjadi gas hidrogen dan ion hidroksil (OH⁻). Elektrokoagulasi memasukkan kation logam in situ, secara elektrokimia, dengan menggunakan anoda yang digunakan (biasanya aluminium atau besi).

Plat Elektroda

Pada dasarnya, proses elektrokoagulasi merupakan pengembangan dari proses elektrolisis yang menggunakan elektroda sebagai titik tumpu pengendali prinsip kerja sistem ini. Elektrolisis merupakan penguraian elektrolit oleh arus listrik searah dengan menggunakan dua macam elektroda. Adapun elektroda yang digunakan yaitu berupa katoda dan anoda. Dalam prosesnya, katoda bertindak sebagai kutub negatif. Pada katoda terjadi reaksi reduksi, yaitu kation (ion positif) yang ditarik oleh katoda dan akan menerima tambahan elektron, sehingga bilangan oksidasinya berkurang. (Hari dan Harsanti, 2010).

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi (Mollah, 2001) antara lain:

A. Kerapatan Arus Listrik

Kenaikan kerapatan arus akan mempercepat ion bermuatan membentuk flok. Jumlah arus listrik yang mengalir berbanding lurus dengan bahan yang dihasilkan selama proses.

B. Waktu

Menurut hukum Faraday, jumlah muatan yang mengalir selama proses elektrolisis sebanding dengan jumlah waktu kontak yang digunakan.

C. Tegangan

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 yang perlu diperhatikan adalah mediumnya dan batas antar logam dengan medium.

D. Kadar Keasaman (pH)

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

E. Ketebalan Plat

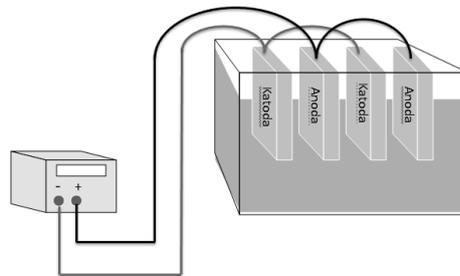
Semakin tebal plat elektroda, daya tarik elektrostatisnya dalam mereduksi dan mengoksidasi ion logam dalam larutan akan semakin besar.

Tujuan Penelitian

1. Menganalisa pengaruh metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium dan besi terhadap perubahan persen *removal* TSS, COD, BOD, pada pengolahan air limbah batik.
2. Mendapatkan tegangan listrik maksimum dan waktu elektrokoagulasi dari penggunaan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium dan besi pada pengolahan air limbah batik.
3. Pengaruh metode elektrokoagulasi pada rangkaian elektroda yang disusun secara paralel.

Metodologi Penelitian

1. Menyiapkan alat elektrokoagulasi ukuran persegi 20 cm x 16 m x 16 cm
2. Memasang tiap sekat yang ada pada alat tersebut dengan empat buah elektroda. Dua pasang anoda (Al) dan dua pasang katoda (Fe).
3. Alat elektrokoagulasi kemudian dihubungkan ke adaptor.
4. Menyiapkan sampel limbah cair batik.
5. Melakukan pengujian variasi tegangan dan waktu.
6. Melakukan pengujian parameter COD, BOD, dan TSS.



Gambar 1. Rangkaian paralel Fe-Al-Fe-Al ^[1]

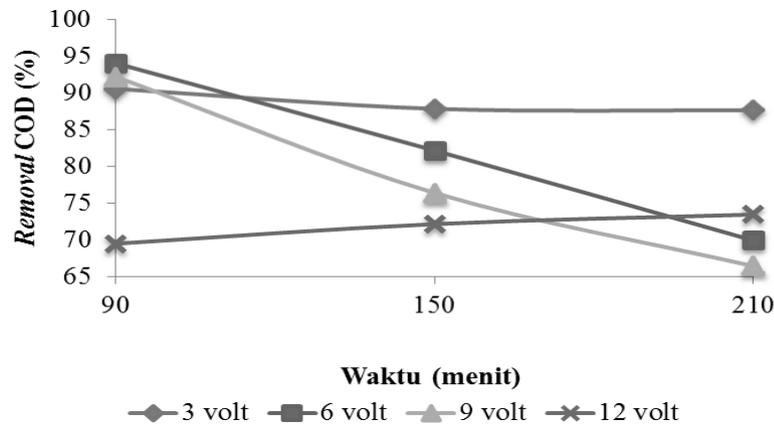
2. Pembahasan

Pada penelitian ini menggunakan limbah cair batik yang didapatkan dari kampung batik Jetis Sidoarjo berikut ini dapat dilihat pada tabel 1. Hasil perhitungan persen *removal* COD, BOD, dan TSS pada air limbah batik Jetis Sidoarjo.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Persen *Removal* COD, BOD, dan TSS.

Elektroda	Waktu	Tegangan	<i>Removal</i> COD	<i>Removal</i> BOD	<i>Removal</i> TSS
	Menit	Volt	(%)	(%)	(%)
Fe-Al-Fe-Al	90	3	90.55	95.75	68.75
		6	94.02	97.31	78.13
		9	92.17	96.48	68.8
		12	69.45	86.54	62.5
	150	3	87.82	94.52	75
		6	82.14	91.96	78.13
		9	76.36	89.36	53.1
		12	72.11	87.45	82.81
	210	3	87.60	94.42	68.75
		6	69.89	86.45	37.5
		9	66.40	90.02	84.4
		12	73.40	88.03	71.88

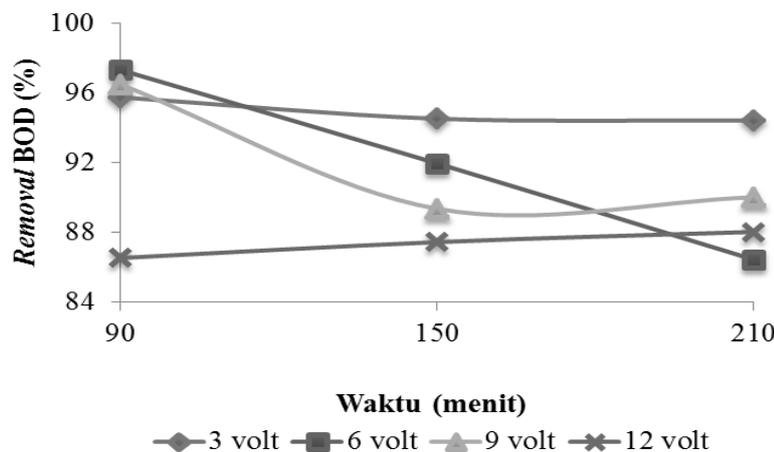
2.1 Pengaruh Variasi Tegangan Listrik dan Waktu Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Konsentrasi COD (*Chemical Oxygen Demand*)



Gambar 2. Grafik Persen *Removal* COD terhadap waktu dan tegangan^[2]

Berdasarkan Gambar 2. terjadi penurunan konsentrasi COD pada semua perlakuan. Penurunan konsentrasi tertinggi yaitu dapat dilihat bahwa persen *removal* COD meningkat sebesar 94,01% dengan waktu 90 menit, tegangan 6 volt. Waktu mempengaruhi penurunan pada konsentrasi COD, pada penelitian yang dilakukan proses elektrokoagulasi dengan waktu 90 menit menunjukkan bahwa semakin lama waktu, maka Aluminium (koagulan) yang terlarut semakin banyak yang mengakibatkan efisiensi penurunan kontaminan yang terdapat dalam air limbah semakin baik. Hasil konsentrasi COD menurun pada waktu 210 menit dengan tegangan 9 volt sebesar 66,40% . Hal ini karena terjadinya kejenuhan pada plat elektroda yang digunakan, yaitu semua plat tertutup oleh flok yang terbentuk sehingga kemampuan menarik ion dalam limbah berkurang (Wasito, 2016). Seperti pada penelitian (Wasito, 2016) terjadi penurunan konsentrasi COD terbaik pada waktu 60 menit sebesar 92,3% sedangkan pada waktu 30 menit terjadi penurunan sebesar 85%. Jarak elektroda, dan besarnya tegangan yang dibutuhkan selama proses elektrokoagulasi berpengaruh dalam penurunan persen *removal* COD karena jika semakin dekat jarak elektroda maka arus yang dihasilkan juga semakin besar, yang menyebabkan degradasi dari air limbah semakin efektif.

2.2 Pengaruh Variasi Tegangan Listrik dan Waktu Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*)

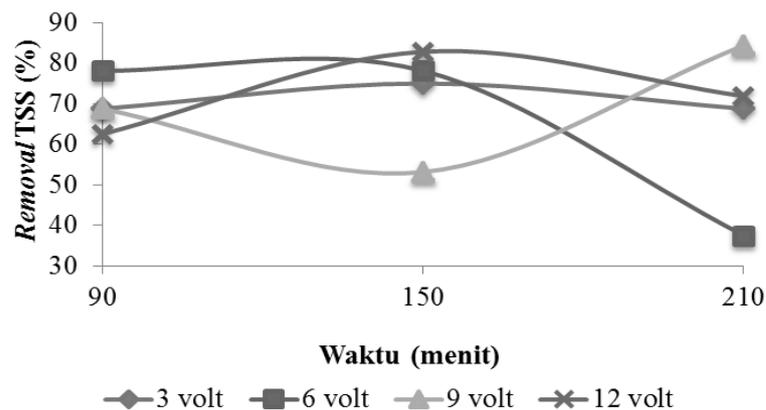


Gambar 3. Grafik Persen *Removal* BOD terhadap waktu dan tegangan^[3]

Berdasarkan Gambar 3. terjadi penurunan konsentrasi BOD pada semua perlakuan. Penurunan konsentrasi tertinggi yaitu dapat dilihat bahwa persen *removal* BOD meningkat sebesar 97,30% dengan waktu 90 menit, tegangan 6 volt. Hal tersebut terjadi karena penurunan nilai BOD menyebabkan kandungan senyawa organik dalam air limbah akan mengalami penurunan (Raju dkk, 2008). Seperti penelitian yang dilakukan (Kobaya dkk, 2003) bahwa jumlah elektroda, waktu

elektrokoagulasi dan besar tegangan yang digunakan mempengaruhi proses elektrokoagulasi dalam menurunkan konsentrasi BOD dalam limbah. Semakin banyak flok yang dihasilkan maka proses elektrokoagulasi semakin baik. Selain itu jarak dan peletakan rangkaian elektroda selama proses elektrokoagulasi juga berpengaruh dalam proses penurunan zat-zat organik pencemar dalam limbah, semakin dekat jarak elektroda maka arus yang dihasilkan juga semakin besar, yang menyebabkan degradasi dari air limbah semakin efektif. Jarak elektroda juga mempengaruhi penurunan konsentrasi BOD. Pada penelitian ini, jarak elektroda yang digunakan 1,5 cm, bahwa semakin kecil jarak yang digunakan maka proses elektrokoagulasi yang dilakukan semakin baik dan waktu yang dibutuhkan juga relatif singkat.

2.3 Pengaruh Variasi Tegangan Listrik dan Waktu Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*)



Gambar 4. Grafik Persen *Removal* TSS terhadap waktu dan tegangan^[4]

Berdasarkan Gambar 4. terjadi penurunan konsentrasi TSS pada semua perlakuan. Penurunan konsentrasi tertinggi yaitu bahwa persen *removal* TSS meningkat sebesar 76,08% dengan waktu 150 menit, tegangan 12 volt. Persen *removal* TSS yang dihasilkan menurun pada waktu 90 menit, tegangan 9 volt sebesar 68,75%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dari Gambar 4., penurunan ini bersifat fluktuatif karena pembentukan partikel-partikel yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi yang akan terflotasi ke permukaan, semakin lama waktu serta semakin besar tegangan yang diberikan partikel yang terbentuk akan bertambah besar dan akhirnya mengendap ke dasar bak elektrokoagulasi. Partikel ini belum mengendap secara sempurna sehingga terbawa pada saat pengambilan sampel uji TSS. Ion positif dan negatif yang dihasilkan oleh elektroda akan menstabilkan partikel-partikel yang terkandung di dalam limbah (Yulianto, 2009).

3. Kesimpulan

1. Metode elektrokoagulasi mampu menurunkan konsentrasi COD, BOD, TSS, yang terkandung dalam air limbah batik.
2. Tegangan listrik maksimum yang digunakan dalam pengolahan limbah batik di dapatkan dengan variasi tegangan sebesar 6 volt dengan waktu 90 menit, dapat menurunkan konsentrasi COD dengan persen *removal* sebesar 94,01% hal ini menunjukkan semakin banyak penurunan kadar pencemar yang terdapat pada air limbah, semakin banyak juga kebutuhan listrik yang digunakan.
3. Rangkaian parallel pada elektroda mempengaruhi penurunan konsentrasi COD, BOD, dan TSS.

Daftar Pustaka

- [1]. Avsar, Y. 2007. “*Comparison of Classical Chemical and Electrochemical Processes for Treating Rose Processing Wastewater*”. Journal of Hazardous Materials, p.341-342, 343.
- [2]. Hari B.P dan Harsanti M. 2010. “*Pengolahan Limbah Cair Tekstil menggunakan Proses Elektrokoagulasi dengan Sel Al-Al*”. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Jendral Ahmad Yani Yogyakarta.
- [3]. Mollah, M.Y.A. 2001. “*Fundamentals. Present, and Future Perspectives of Electrocoagulation*”. Journal of Hazardous Materials. B114 :199-210.
- [4]. Ni’am, A.C, Caroline,J., Afandi, M. H. 2017. “*Variasi Jumlah Elektroda dan Besar Tegangan dalam Menurunkan Kandungan COD dan TSS Limbah Cair Tekstil dengan Metode Elektrokoagulasi*” .Jurnal Teknik Lingkungan Vol.3 No.1.
- [5]. Kobaya, M., Orhan T.C., Mahmut. B. 2003. “*Treatment of Textile Washwaters by Electrocoagulation Using Iron and Aluminium Electrodes. Journal of Hazardous Materials*”. Vol. 100. 163–178.
- [6]. Raju, G.B., Karupiah, M.T., Latha, S.S., Parvathy, S. dan Prabakhar, S. 2008. “*Treatment of Washwater from Synthetic Textile Industry by Electrocoagulation – Electrooxidation*”. Chemical Engineering Journal, 144: 51-58
- [7]. Wasito, B. 2016. “*Pengaruh Tegangan dan Waktu pada Pengolahan Limbah Radioaktif Uranium dan Torium dengan Proses Eektrokoagulasi*”. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir Batan. Yogyakarta.
- [8]. Yulianto, A. 2009. “*Pengolahan Limbah Cair Industri Batik pada Skala Laboratorium dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi*”. Jurusan Teknik Lingkungan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.