

PENGARUH DERAJAT KEASAMAN PADA PROSES ELEKTROKIMIA UNTUK PENYISIHAN BAHAN ORGANIK LIMBAH BATIK

Amalia Dian Pusparini dan Tuhu Agung

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: tuhu.tl@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Seiring meningkatnya produksi batik dalam beberapa tahun terakhir dapat menyebabkan permasalahan lingkungan, terutama untuk industri rumah tangga yang belum memiliki pengolahan air limbah pewarnaan batik. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh pH dan kondisi pH optimum untuk mengolah limbah pewarnaan batik dengan proses elektrokimia. Metode yang digunakan adalah elektrokimia dengan arus listrik searah, menggunakan elektroda aluminium, dan dengan jarak antara elektroda 3 cm. Penelitian dilakukan dengan variabel pH (8,1; 7; 6; 5; 4) dan waktu kontak (30, 60, 90, 120, 150 menit). Penurunan bahan organik optimum didapatkan pada kondisi pH 4 selama 150 menit dengan penyisihan COD 87,5%, TSS 78%, dan nilai pH 9,5.

Kata kunci: asam klorida, aluminium, industri batik rumah tangga

ABSTRACT

The increasing production of batik in recent years can cause environmental problems, especially for home industries that do not have wastewater treatment. This study aims to determine the effect of pH and optimum pH conditions for treating batik dyeing wastewater by electrochemical processes. The method used is electrochemical with a direct electric current, using aluminum electrodes, and with a distance between the electrodes of 3 cm. The research was conducted with variable pH (8,1; 7; 6; 5; 4) and contact time (30, 60, 90, 120, 150 minutes). The optimum reduction in organic matter was obtained at pH 4 for 150 minutes with a removal of COD 87.5%, TSS 78%, and a pH value of 9.5.

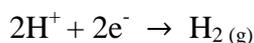
Keywords: hydrochloric acid, aluminium, batik home industry

PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir produksi batik terus mengalami peningkatan dimana hal ini menyebabkan permasalahan lingkungan, terutama untuk industri rumah tangga yang belum memiliki pengolahan air limbah pewarnaan batik. Limbah cair batik memiliki karakteristik nilai COD 150-12.000 mg/L dan TSS 15-8.000 mg/L (Riyanto, 2013). Nilai COD dan TSS tersebut melebihi baku mutu Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013 sehingga tidak layak dibuang langsung ke badan air. Sebelum dilakukan proses elektrokimia, dilakukan pengolahan awal koagulasi-flokulasi untuk menurunkan padatan tersuspensi agar proses elektrokimia dapat berjalan secara maksimal.

Peneliti terdahulu telah melakukan pengolahan limbah batik dengan metode koagulasi-flokulasi, adsorpsi, dan *anaerobic baffled reactor*, namun metode tersebut dinilai kurang efektif. Pengolahan secara elektrokimia dinilai lebih hemat, tidak menimbulkan bahan-bahan pencemar baru, dan dapat diaplikasikan pada berbagai jenis air limbah. Penelitian ini akan menggunakan metode elektrokimia untuk limbah batik dengan cara melakukan variasi pH. Sebelumnya, dilakukan pengolahan awal koagulasi-flokulasi untuk menurunkan padatan tersuspensi agar proses kombinasi dapat berjalan secara maksimal. Jenis koagulan yang akan digunakan yaitu PAC karena memiliki berbagai variasi dosis dan sedikit menurunkan alkalinitas. Memiliki daya koagulasi yang lebih besar jika dibandingkan dengan alum dan flok yang dihasilkan lebih stabil walaupun pada suhu rendah serta pengerjaannya mudah. PAC biasa digunakan pada kekeruhan air baku sangat tinggi (Said, 2017).

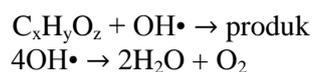
Proses elektrokimia diawali dengan reaksi reduksi dan oksidasi pada elektroda. Proses oksidasi pada senyawa organik membentuk gas O₂ dan terbentuk ion H⁺ di anoda akan menuju katoda dan membentuk gas H₂.



Reaksi yang terjadi bisa air teroksidasi

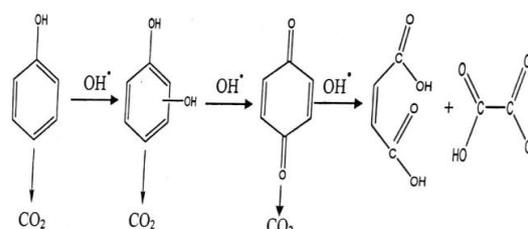


Radikal hidroksi berperan untuk mensubstitusi senyawa organik menjadi senyawa yang lebih mudah teroksidasi



Permukaan elektroda akan menyerap radikal hidroksi sehingga radikal tersebut akan bereaksi dengan senyawa organik membentuk air dan O₂ (Riyanto, 2013).

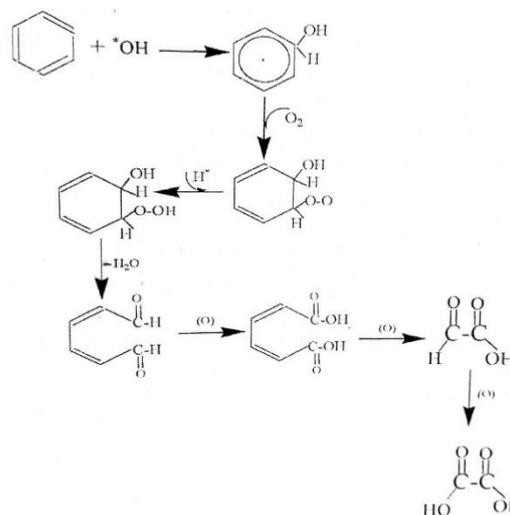
Cincin induk benzene dapat diuraikan dengan oksidasi fenol secara elektrokimia, produk dari reaksi oksidasi fenol adalah senyawa organik seperti metana dan golongan alkane lainnya.



Gambar-1 Mekanisme oksidasi fenol secara elektrokimia

Mekanisme oksidasi fenol secara elektrokimia sebagai berikut:

1. Reaksi oksidasi air selama elektrolisis membentuk radikal hidroksi
2. Permukaan elektroda akan menyerap radikal hidroksi sehingga radikal tersebut akan bereaksi dengan fenol atau radikal OH⁻ lalu bereaksi lebih lanjut membentuk air dan O₂
3. Permukaan elektroda juga menyerap senyawa organik dan terjadi reaksi oksidasi membentuk CO₂ di waktu yang bersamaan.



Gambar-2 Tahap reaksi degradasi pada gugus benzene

Komponen pokok senyawa organik pada limbah batik dan tekstil yaitu benzene. Radikal hidroksi adalah radikal yang mendegradasi gugus utama senyawa azo dengan menghasilkan radikal fenil dan fenoksi. Selanjutnya terjadi abstraksi ion hidrogen dan radikalnya dengan adanya oksigen terlarut pada radikal fenil. Kemudian terbentuk gas nitrogen yang diikuti dengan rekasi reduksi pada radikal cincin benzene menjadi senyawa aromatik sederhana. Di waktu yang bersamaan, gugus radikal fenoksi akan teroksidasi oleh radikal hidroksil menjadi gugus benzene. Gambar-2 menunjukkan tahap-tahap reaksi degradasi pada gugus benzene. Pada awal proses terjadi degradasi cincin aromatik benzene menjadi senyawa hidroksi sikloheksadienil. Radikal ini bereaksi dengan oksigen terlarut dan membentuk hidroksi hidroperoksida yang tidak stabil. Reaksi berikutnya adalah terjadi penghilangan satu molekul air dan membentuknya cincin aromatis dari hidroksi hidroperoksida menjadi mukondialdehid. Kemudian terjadi oksidasi mukondialdehid menjadi asam mukonat. Pada reaksi oksidasi selanjutnya akan terbentuk glioksal yang kemudian teroksidasi menjadi asam karboksilat (Riyanto, 2013).

Elektroda yang digunakan yaitu aluminium karena merupakan elektroda yang terbaik dan mudah didapat. Pada penelitian sebelumnya disebutkan bahwa penurunan nilai COD dan TSS limbah industri tahu maksimum terjadi pada suasana asam (Suyata., 2015) Hal tersebut disebabkan jumlah H^+ yang terkandung dalam larutan lebih banyak, sehingga menyebabkan oksidasi senyawa organik dan menjadikan nilai pH lebih besar.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan diantaranya reaktor elektrokimia (25 cm x 15 cm x 18 cm), elektroda aluminium (15 cm x 15 cm x 0,3 cm) yang dipasang dengan jarak 3 cm, kabel tembaga, penjepit buaya, dan power supply. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu limbah cair pewarnaan batik, PAC untuk pretreatment, dan HCl 0,1M.

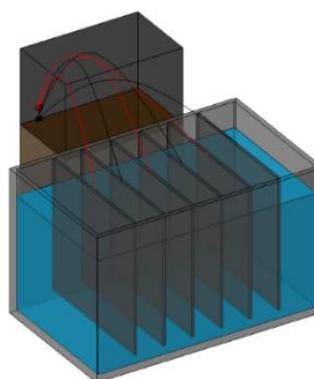
Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui karakteristik awal limbah batik dan melakukan pengolahan awal koagulasi-

flokulasi untuk menurunkan TSS terlebih dahulu dengan dosis PAC 25 mg/L.

Penelitian Utama

Sebelum memasukkan limbah ke dalam reaktor elektrokimia, pH limbah divariasikan dahulu pada kondisi 4, 5, 6, 7, dan 8,1 dengan menambahkan HCl 0,1M. Selanjutnya air limbah dimasukkan ke dalam reaktor elektrokimia sebanyak 5 liter. Power supply diatur kuat arus sebesar 2,5 ampere. Proses dilakukan dengan variasi waktu kontak 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Kemudian dilakukan analisa pH, TSS, dan COD pada setiap perlakuan.



Gambar-2 Sketsa Reaktor Batch

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Pendahuluan

Tabel-1 Karakteristik Awal Limbah Pewarnaan Batik

No.	Parameter	Hasil
1	TSS	1350 mg/L
2	COD	5529.6 mg/L
3	pH	8,1

Berdasarkan Tabel-1 hasil uji awal karakteristik limbah pewarnaan batik jika ditinjau dari Pergub Jatim nomor 72 tahun 2013, maka limbah tersebut telah melampaui baku mutu.

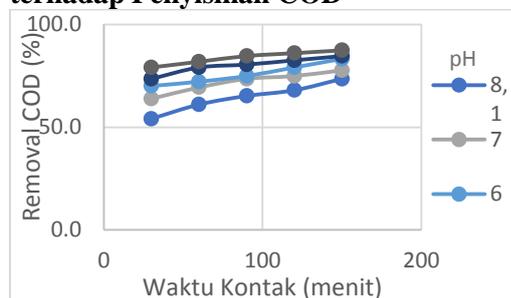
Tabel-2 Hasil Analisa Limbah Pewarnaan Batik Setelah Proses Pendahuluan

No.	Parameter	Hasil
1	TSS	340 mg/L
2	pH	8,1

Berdasarkan Tabel-2 didapatkan penyisihan TSS sebesar 75% dengan dosis koagulan 25

mg/L. Sehingga TSS yang akan masuk pada proses elektrokimia sekitar 340 mg/L.

Penelitian Utama
Pengaruh Waktu Kontak dan Variasi pH terhadap Penyisihan COD



Grafik-1 Hubungan antara waktu kontak terhadap removal COD (%) dengan berbagai variasi pH

Grafik-1 menunjukkan semua proses elektrokimia dengan variasi waktu kontak dan pH mengalami kenaikan persen removal COD dan hasil optimum terdapat pada kondisi variasi pH 4 dengan waktu 150 menit. Persen penurunan COD dapat mencapai hingga 87,5% dengan konsentrasi COD 691,2 mg/L yang semula berkonsentrasi 5529.6 mg/L.

Reaksi kimia yang terjadi saat proses degradasi, sebagai berikut:

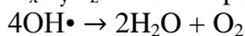
- Proses oksidasi pada senyawa organik membentuk gas O₂ dan terbentuk ion H⁺ di anoda akan menuju katoda dan membentuk gas H₂.



Reaksi yang terjadi bisa air teroksidasi

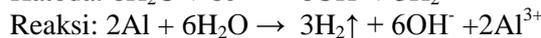
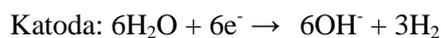
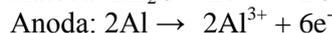
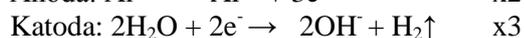
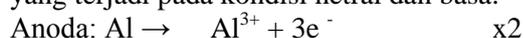


- Radikal hidroksi berperan untuk mensubstitusi senyawa organik menjadi senyawa yang lebih mudah teroksidasi

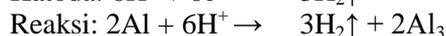
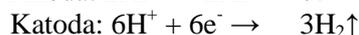
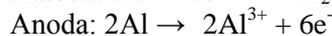
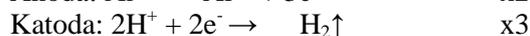
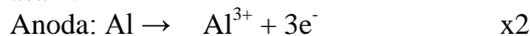


Permukaan elektroda akan menyerap radikal hidroksi sehingga radikal tersebut akan bereaksi dengan senyawa organik membentuk air dan O₂

Jenis elektroda (aluminium) yang digunakan pada penelitian ini lebih mudah teroksidasi pada kondisi asam dibandingkan pada kondisi basa. Berikut persamaan reaksi yang terjadi pada kondisi netral dan basa:



Air terhidrolisis pada kation dan terbentuk hidroksi dengan spesies dominan yang sesuai dengan kondisi pH larutan. Berikut persamaan reaksi yang terjadi pada kondisi asam:

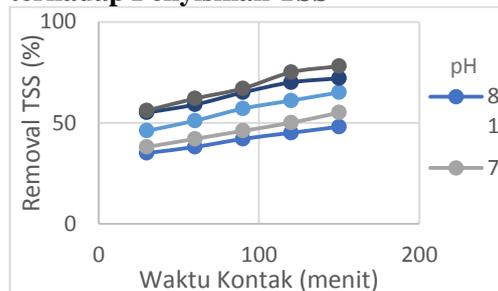


Selanjutnya Al³⁺ yang dihasilkan pada anoda akan bereaksi dengan OH⁻ yang dihasilkan dari katoda pada kondisi netral dan basa membentuk Al(OH)₃, sedangkan pada kondisi asam akan menghasilkan gas H₂ dan Al³⁺.

Pada suasana basa yang akan terserap oleh aluminium hidroksida adalah ion-ion hidroksida, Tingkat keasaman larutan ini juga mempunyai pengaruh terhadap kemudahan pembebasan hidrogen dan oksigen. Dari hasil yang didapatkan dapat disimpulkan kondisi asam merupakan kondisi terbaik terjadinya penyisihan senyawa organik dalam limbah dengan persentase yang tinggi (Fatimah & Gunawan, 2018)

Berbagai waktu kontak menunjukkan bahwa lama waktu kontak juga mempengaruhi konsentrasi COD yang disisihkan. Semakin lama waktu kontak maka kandungan COD akan semakin berkurang karena senyawa organik yang terdegradasi. Namun, waktu yang terlampau lama juga dapat menyebabkan kejenuhan pada plat sehingga penurunan COD tidak lagi efektif (Prasetyo, 2020).

Pengaruh Waktu Kontak dan Variasi pH terhadap Penyisihan TSS

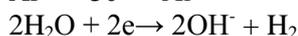
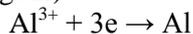


Grafik-2 Hubungan antara waktu kontak terhadap removal TSS (%) dengan berbagai variasi pH

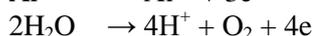
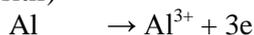
Grafik-2 menunjukkan semua proses mengalami kenaikan persen removal TSS dan hasil optimum terdapat pada kondisi variasi pH 4 dengan waktu 150 menit. Persen penurunan TSS dapat mencapai hingga 78% dengan konsentrasi TSS 74,8 mg/L yang semula berkonsentrasi 340 mg/L.

Reaksi kimia yang terjadi pada elektroda, sebagai berikut:

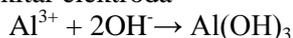
- Reaksi reduksi di katoda (elektroda negatif)



- Reaksi oksidasi di anoda (elektroda positif)



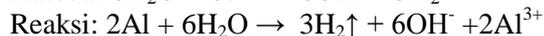
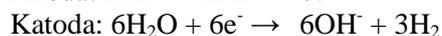
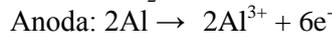
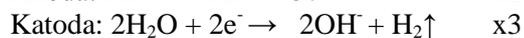
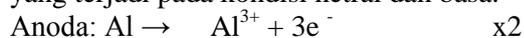
- Sekitar elektroda



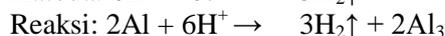
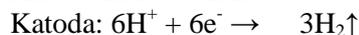
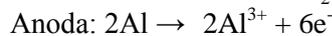
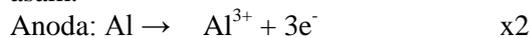
(Khemila et al., 2018)

Penyisihan TSS terjadi disebabkan adanya penyerapan senyawa organik oleh flok yang terbentuk selama proses reduksi dan oksidasi. Gas H_2 yang dihasilkan dari proses reduksi berfungsi untuk mengangkat flok yang telah terbentuk. Sedangkan flok berasal dari reaksi oksidasi aluminium yang menghasilkan ion Al^{3+} (Ibrahim, 2019).

Jenis elektroda (aluminium) yang digunakan pada penelitian ini lebih mudah teroksidasi pada kondisi asam dibandingkan pada kondisi basa. Berikut persamaan reaksi yang terjadi pada kondisi netral dan basa:



Air terhidrolisis pada kation dan terbentuk hidroksi dengan spesies dominan yang sesuai dengan kondisi pH larutan. Berikut persamaan reaksi yang terjadi pada kondisi asam:



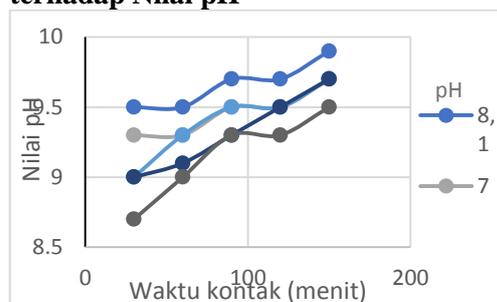
Selanjutnya Al^{3+} yang dihasilkan pada anoda akan bereaksi dengan OH^- yang dihasilkan dari katoda pada kondisi netral dan basa membentuk

$\text{Al}(\text{OH})_3$, sedangkan pada kondisi asam akan menghasilkan gas H_2 dan Al^{3+} .

Pada suasana basa yang akan terserap oleh aluminium hidroksida adalah ion-ion hidroksida, Tingkat keasaman larutan ini juga mempunyai pengaruh terhadap kemudahan pembebasan hidrogen dan oksigen. Dari hasil yang didapatkan dapat disimpulkan kondisi asam merupakan kondisi terbaik terjadinya penyisihan senyawa organik dalam limbah dengan persentase yang tinggi (Fatimah & Gunawan, 2018)

Dari hasil penelitian dengan berbagai waktu kontak menunjukkan bahwa lama waktu kontak juga mempengaruhi konsentrasi TSS yang disisihkan. Lama waktu proses berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi TSS. Hal tersebut terjadi karena semakin banyak ion Al^{3+} terlarut yang terbentuk sebagai koagulan, maka juga semakin banyak kontaminan serta partikel-partikel pada limbah yang terikat (Atika, 2016).

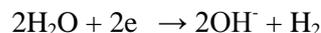
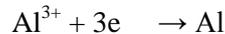
Pengaruh Waktu Kontak dan Variasi pH terhadap Nilai pH



Grafik-3 Hubungan antara waktu kontak terhadap nilai pH dengan berbagai variasi pH

Grafik-3 menunjukkan hasil dari pengaruh variasi pH dan waktu kontak terhadap perubahan nilai pH yaitu meningkat hingga 8,7 – 9,9 dengan nilai variasi pH awal 8,1, 7, 6, 5, dan 4. Kenaikan nilai pH terjadi disebabkan adanya oksidasi senyawa organik selama proses reduksi dan oksidasi. Reaksi kimia yang terjadi saat proses degradasi, sebagai berikut:

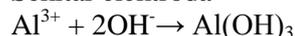
- Reaksi reduksi di katoda (elektroda negatif)



- Reaksi oksidasi di anoda (elektroda positif)



- Sekitar elektroda



Reaksi reduksi di katoda yang terjadi pada proses elektrolisis dimana air menghasilkan gas hidrogen dan ion hidroksida. Apabila ion hidroksida yang dihasilkan lebih banyak maka pH larutan akan meningkat (Ni'am, 2017). Pada larutan dengan rentang pH 4-9, terjadi pembentukan Al(OH)^{2+} , Al(OH)_2^+ , $\text{Al}_2(\text{OH})_2^{4+}$, Al(OH)_3 , dan $\text{Al}_{13}(\text{OH})_{32}^{7+}$, dimana muatan positif hidroksida membantu proses adsorpsi dan penangkapan polutan. Pada larutan dengan pH lebih dari 10 akan banyak terbentuk Al(OH)_4^- dan proses koagulasi lebih sedikit (Yunitasari, 2017)

KESIMPULAN

Data hasil penelitian menunjukkan bahwa pH berpengaruh pada penyisihan COD dan TSS pada limbah pewarnaan batik. Dibuktikan dengan semakin asam air limbah maka semakin optimum penyisihan COD dan TSS. Kondisi optimum pada penyisihan COD dan TSS didapatkan pada pH 4 dengan waktu kontak selama 150 menit. Penyisihan COD sebesar 87,5% dan penyisihan TSS sebesar 78%, namun hasil pengolahan air limbah batik dengan metode elektrokimia masih belum memenuhi baku mutu untuk bisa dibuang pada badan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Atika. (2016). Penurunan Kadar Fenol dalam Limbah Cair Industri Tenun Songket dengan Proses Elektrokoagulasi. *Jurnal Redoks*, 1, 6–15.
- Fatimah, N., & Gunawan, R. (2018). Penurunan Intensitas Warna Remazol Red RB 133 dalam Limbah Batik dengan Elektrokoagulasi Menggunakan NaCl. *Jurnal Atomik*, 03(1), 39–46.
- Ibrahim, M. (2019). Color , Bod 5 , And Cod Removal Using Electrocoagulation Method On Batik Wastewater In Sidoarjo. *Prosiding Seminar Nasional Kesehatan*, 78–83.
- Khemila, B., Merzouk, B., Chouder, A., Zidelkhir, R., Leclerc, J. P., & Lopicque, F. (2018). Removal of a textile dye using photovoltaic electrocoagulation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 7(December 2017), 27–35.
- Prasetyo, W. G. (2020). *Pengaruh Waktu dan Voltase pada Elektrokoagulasi Limbah Batik*. Universitas Muhammadiyah

Surakarta. Surakarta.

- Riyanto. (2013). *Elektrokimia dan Aplikasinya. Graha Ilmu*. Yogyakarta.
- Said, Nusa I. (2017). *Teknologi Pengolahan Air Limbah: Teori dan Aplikasi*. Erlangga. Jakarta.
- Suyata., I. (2015). Penerapan Metode Elektrokimia Untuk Penurunan Chemical Oxygen (COD) dan Total Suspended Solid (TSS) Limbah Cair Industri Tahu. *Molekul*, 10(1), 74–81.
- Yunitasari, Y. (2017). Metode Elektrokoagulasi untuk Mengolah Limbah Cair Batik di Unit Kegiatan Masyarakat Rumah Batik Andalan PT. Riau Andalan Pulp and Paper (RAPP). *Jom F Teknik*, 4(3), 1–9.