

Kombinasi Proses Elektrokoagulasi – Oksidasi Lanjut Berbasis O₃/GAC pada Limbah Cair Industri Batik

by Enjarlis Enjarlis

Submission date: 28-Jul-2022 01:28AM (UTC-0400)

Submission ID: 1876088676

File name: Enjarlis_jurnal_Nasional_S2_UnsyiahLimbah_Batik_2019.pdf (454.59K)

Word count: 4163

Character count: 22991



1 Kombinasi Proses Elektrokoagulasi – Oksidasi Lanjut Berbasis O₃/GAC pada Limbah Cair Industri Batik

Combination of Electrocoagulation - Advanced Oxidation Process Based on O₃/GAC in Batik Industry Liquid Waste

Enjarlis*, Singgih Hartanto, Marcelinus Christwardana, Boy Frando Sijabat, dan Ode Resa Fatlan

16
Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia
Jalan raya PUSPITEK raya serpong km 4 tangerang Selatan
*Email:en.jarlis@iti.ac.id

Terima draft: 12 November 2018; Terima draft revisi: 26 Februari 2019; Disetujui: 08 Maret 2019

Abstrak

1 Gabungan proses elektrokoagulasi-oksidasi lanjut (EC-OL) berbasis O₃/GAC merupakan teknologi alternatif untuk mengolah limbah cair industri batik. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui: (a) pengaruh waktu proses EC terhadap degradasi kontaminan, (b) pengaruh dosis ozon dan jumlah karbon aktif yang tepat pada OL berbasis O₃/GAC, dan (c) pengaruh gabungan proses EC-OL terhadap konstanta laju degradasi kontaminan organik (*k*) dalam limbah cair industri Batik. Elektroda Al digunakan pada tahap proses EC dengan kuat arus tetap sebesar 1 A dan waktu proses yang bervariasi antara 20-60 menit. Proses OL dilakukan pada variasi dosis ozon mulai dari 0,0625 hingga 0,1875 gr O₃/liter dengan massa karbon aktif sebanyak 10-30 gram. Hasil penelitian diperoleh bahwa COD dan TSS menurun drastis seiring dengan lamanya waktu proses EC dengan penurunan COD sebanyak 54 % dan TSS sebanyak 31%. Pada proses OL berbasis O₃/GAC diperoleh dosis ozon terbaik sebesar 0,125 gr O₃/L dan massa karbon aktif yang digunakan sebanyak 30 gram dengan penurunan COD sebesar 61,11% dan TSS sebesar 15,33%. Pada gabungan proses EC-OL penurunan COD dan TSS terjadi masing-masing sebesar 95,08% dan 81,39% dengan konstanta laju degradasi kontaminan organik sebesar 0,6931 min⁻¹.

Kata Kunci: Oksidasi lanjut, Elektrokoagulasi, Limbah Cair Batik

Abstract

The combination process of the electrocoagulation- advanced oxidation (EC-OL) based on O₃/GAC is an alternative technology for treating the batik industrial wastewater. The purpose of this study is to find out: (a) the influence of EC process time on contaminant degradation, (b) the effect of ozone doses and the amount of active carbon on O₃/GAC-based OL, and (c) the effect of combined of EC-OL processes on rate constants degradation of organic contaminants (*k*) in the wastewater of the Batik industry. Al electrodes are used at the EC process stage with fixed current of 1 A and processing time that varies between 20-60 minutes. The OL process is carried out at various ozone doses ranging from 0.0625 to 0.1875 gr O₃/L with an active carbon mass of 10-30 grams. The results showed that COD and TSS decreased dramatically along with the length of the EC process with a decrease in COD of 54% and TSS by 31%. In the O₃/GAC-based OL process, the best ozone dose was 0.125 gr O₃/L, and the mass of activated carbon was 30 grams with a COD decrease of 61.11% and TSS of 15.33%. In the combination of EC-OL processes, the decrease in COD and TSS occurred respectively at 95.08% and 81.39% with the constant rate of degradation of organic contaminants amounting to 0.6931 min⁻¹.

Keywords : Advance Oxidation, Electrocoagulation, Batik industry wastewater

1. Pendahuluan

Produksi dan minat masyarakat terhadap busana batik semakin meningkat, semenjak UNESCO menyatakan bahwa Batik merupakan warisan budaya Indonesia (ANTARA, 2009). Peningkatan produksi Batik, berdampak positif bagi budaya dan ekonomi masyarakat serta berdampak negatif bagi kehidupan masyarakat bila limbah cair industri batik tidak di olah dengan baik. Limbah cair industri batik mengandung Bahan Beracun dan Berbahaya (B3), nilai COD ±3000 ppm, BOD ± 1200 ppm, TSS ±11.000 ppm dan berwarna hitam dan tidak memenuhi baku mutu lingkungan (Indah dkk, 2008). Oleh sebab itu, limbah cair industri batik harus diolah menggunakan teknologi yang tepat sesuai dengan karakteristik limbah cair industri Batik tersebut.

Beberapa teknologi yang digunakan untuk mengolah limbah industri batik yaitu: elektrokoagulasi mampu menyisihkan COD sebesar 30% (Yulianto dkk,2009). Teknologi fitoremediasi menggunakan Enceng Gondok dapat menyisihkan logam berat limbah batik sebesar 49.56% (Suprihatin dkk, 2014). Kombinasi teknologi absorpsi-biologi juga dapat menurunkan COD limbah batik sebesar 98%. Teknologi Ozonisasi dengan katalis Fe_2O_3 dan Al_2O_3 juga dapat digunakan untuk mengolah limbah batik pada dosis Fe_2O_3 dan Al_2O_3 terbaik sebanyak 500 gr dan ozon 40 liter (Rame dkk, 2017). Kombinasi dua teknologi juga sudah dilakukan pada pengolahan limbah industry Batik seperti kombinasi oksidasi lanjut (OL) berbasis Fenton ($H_2O_2/FeSO_4$) dan Fotokatalik dapat penurunan COD 83,3%, TSS 92, pada rasio mol $H_2O_2/FeSO_4$ sebesar 10,0,25 dan waktu kontak 120 menit dan pada pH 5 (Aditya dkk, 2019).

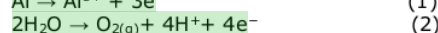
Kelemahan teknologi pengolahan limbah batik yang ada diantaranya : (i) Aplikasi relatif sulit, (ii) penurunan kontaminan tidak signifikan meskipun mudah diaplikasikan dan (iii) limbah sekunder yang dihasilkan banyak. Dalam penelitian ini dilakukan kombinasi Elektrokoagulasi dan oksidasi lanjut berbasis O_3/GAC (EC-OL).

Elektrokoagulasi adalah proses destabilisasi suspensi, emulsi, koloid atau kontaminan terlarut oleh adanya arus listrik dan koagulan. Proses elektrokoagulasi dapat memanfaatkan turbulensi gas oksigen dan evolusi hidrogen yang terbentuk pada katoda dan anoda yang dapat mendegradasi kontaminan organik (Nasser dkk, 2016). Elektrokoagulasi juga merupakan teknologi

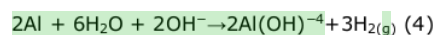
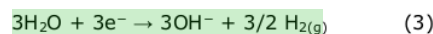
yang efektif, hidroksida logam yang terbentuk sebagai koagulan mempunyai kapasitas adsorpsi 100 kali lebih besar dari pada menggunakan koagulan hidroksida konvensional (Gomes dkk, 2004). Ada tiga proses utama yang terjadi selama EC yaitu;(i) reaksi elektrolisa pada permukaan elektroda, (ii) pembentukan koagulan dalam larutan (iii) adsorpsi polutan terlarut atau koloid pada koagulan, lalu dilanjutkan dengan penyisihan kontaminan melalui proses sedimentasi atau flotasi (Can dkk, 2006).

Reaksi-reaksi yang terjadi selama proses elektrokoagulasi pada elektroda Aluminium (Al) adalah sebagai berikut seperti dijelaskan pada persamaan reaksi (1) - (5):

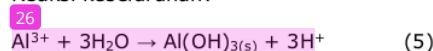
Anoda:



Katoda:



Reaksi keseluruhan:



Oksidasi lanjut (OL) adalah reaksi menghasilkan senyawa radikal sebagai oksidator dan reaksi antara senyawa radikal terbentuk dengan kontaminan. OL dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai gabungan bahan kimia diantaranya berbasis O_3/H_2O_2 , $O_3/Fenton$, dan O_3/GAC (Valdes dan Zaror, 2005).

OL berbasis O_3/GAC termasuk ozonasi katalitik heterogen, dan GAC (*Granular Activated Carbon*) dalam OL berfungsi sebagai katalis padat yang mempercepat terbentuknya senyawa radikal. Pada OL berbasis O_3/GAC , oksidasi kontaminan organik terjadi terutama oleh oksidator radikal hidroksil ($\cdot OH$) dan radikal oksigen ($\cdot O$ dan $O^{\cdot 2}$). Radikal $\cdot OH$ mempunyai potensial oksidasi 2,70 Volt, sangat reaktif, bereaksi secara tidak selektif dan dapat menyerang polutan organik melalui mekanisme abstraksi hidrogen dan transfer elektron menjadi CO_2 dan garam-garam mineral (Chen dkk, 2000). Kinerja ozonasi katalitik heterogen dipengaruhi oleh faktor fisika (suhu dan luas permukaan katalis) dan kimia (pH larutan, komposisi limbah,

transfer massa, dan jenis katalis (Nagarkar dkk, 2017).

Gabungan Elektrokoagulasi-Oksidasi Lanjut (EC-OL) berbasis O_3/GAC merupakan teknologi alternatif untuk mengolah limbah cair industri batik. Keunggulan kedua teknologi proses tersebut yaitu tidak memerlukan tambahan bahan kimia, limbah sekunder berupa *sludge* sangat kecil, mudah dioperasikan (Eyvaz, 2016) dan EC-OL berbasis O_3/GAC termasuk teknologi ramah lingkungan (*Green Technology*). Disamping itu di Indonesia GAC melimpah, dan selama proses OL, GAC akan tergerus sehingga pori GAC semakin besar (Valdes dan Zaror, 2005). Dengan demikian selama OL berbasis GAC, tidak menghasilkan limbah sekunder.

Pemanfaatan gabungan EC-OL berbasis O_3/H_2O_2 pada pengolahan limbah es cream dapat mengurangi COD sebesar 70% pada proses EC dengan kuat arus 5A (Anna dkk, 2014), kelemahan EC-OL berbasis O_3/H_2O_2 yaitu memerlukan arus listrik yang lebih besar dan bahan kimia H_2O_2 yang dapat merusak biota di badan air.

Pada penelitian ini dipelajari efek EC, OL dan Kombinasi EC-OL berbasis O_3/GAC pada karakteristik Fisika-kimia (TSS, pH dan COD) Limbah Cair Industri Batik.

Tujuan penelitian gabungan EC-OL pada limbah cair batik yaitu menentukan: (a) waktu optimum proses Elektrokoagulasi

(EC), (b) dosis ozon dan jumlah karbon aktif yang tepat pada Oksidasi Lanjut (OL) berbasis O_3/GAC , dan (c) pengaruh gabungan proses Elektrokoagulasi-Oksidasi Lanjut (EC-OL) berbasis O_3/GAC terhadap konstanta laju degradasi kontaminan organik (k) dalam limbah cair industri Batik

2. Metodologi

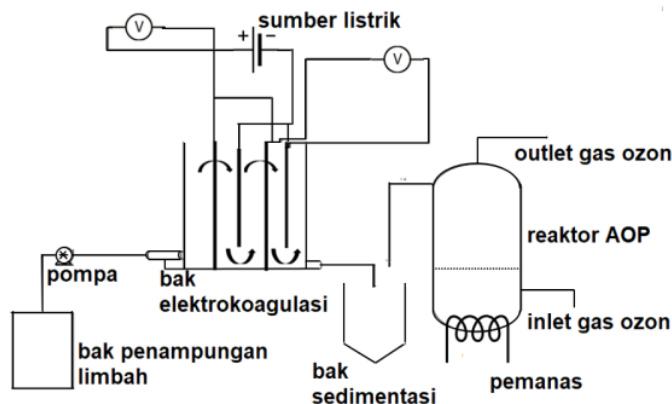
2.1. Alat dan Bahan

Limbah cair diperoleh dari industri batik X berlokasi di Kabupaten Tangerang, Banten dengan karakteristik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Analisa COD dilakukan menggunakan metode titrasi, bahan kimia untuk analisa COD adalah Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Kalium Bikromat ($K_2Cr_2O_7$), Merkuri Sulfat ($HgSO_4$) dan Silver Sulfat (Ag_2SO_4) diperoleh dari Merck (Darmstadt, Germany) serta karbon aktif (GAC) komersial berukuran < 1 mm diperoleh dari pasaran.

Tabel 1. Karakteristik Fisika-Kimia Limbah cair Industri Batik X

Parameter	Karakter limbah Batik	Baku Mutu*
COD	610 mg/lit	150 mg/lit
TSS	11.500 mg/lit	50 mg/lit
pH	6,0	6,0-9,0
Warna	Hitam Pekat	Tidak berwarna

* Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014



Gambar 1. Rangkaian Alat Proses Elektrokoagulasi-AOP Berbasis O_3/GAC

¹⁵ Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari; (1) Reaktor elektrokoagulasi volume 2,7 liter (16 cm x 13 cm x 13 cm), bahan kaca, power suplay model CAL 60 IPA STD Buatan Indonesia ¹⁷ dan 4 plat elektroda Aluminium ukuran (16 cm x 12,5 cm x 0,5 cm). (2) Reaktor ²³L berbasis O₃/GAC volume 2,7 liter (16 cm x 13 cm x 13 cm), bahan kaca, Generator Ozon dari West technolog Co buatan China, model CHS-212, AC 110 Volt kapasitas 0,025 grO₃/liter.jam dan dilengkapi dengan difuser berpori terbuat dari keramik. Gambar rangkaian alat proses EC-OL dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2. Karakterisasi limbah sampel

² Percobaan dilakukan dalam tiga tahap. Pertama, limbah batik X sebelum diolah dikarakterisasi meliputi; COD, TSS, pH dan warna. Pengukuran COD menggunakan metode refluks (APHA, 1999), TSS menggunakan metode gravimetri (Paskuliakova dkk, 2018) dan pH menggunakan portable pH meter dari Labtronic Panchkula, Haryana, tipe LT-14 1 dan x 9V Battery.

2.3. Proses Elektrokoagulasi

² Optimasi waktu proses elektrokoagulasi dilakukan dengan prosedur sebagai berikut; limbah cair industri batik sebanyak 1 liter dalam reaktor elektrokoagulasi pada ¹⁹ suhu kamar, arus listrik 1 A di proses masing-masing selama 20, 40 dan 60 menit. Setiap selesai percobaan pada masing-masing variabel waktu proses, dilakukan proses sedimentasi selama 30 menit. Kemudian bagian cairan jernihnya dari limbah di analisa COD, TSS, pH dan diamati perubahan warna limbah.

2.4. Proses Oksidasi Lanjut

¹ Optimasi dosis ozon dan jumlah karbon aktif pada oksidasi lanjut (OL) berbasis O₃/GAC dilakukan dengan prosedur sebagai berikut: pertama limbah hasil optimum *pretreatment* dengan elektrokoagulasi sebanyak 1 liter, diproses dengan OL pada dosis ozon bervariasi yaitu: 0,0625 gr O₃/liter, 0,125 gr O₃/liter dan 0,1875 gr O₃/liter dan karbon aktif masing-masing sebanyak 10, 20, dan 30 gr dalam reaktor OL. Hasil proses OL setelah dilakukan sedimentasi selama 30 menit, masing-masing sampel di uji COD, TSS dan pH serta diamati warna limbah pada setiap dosis ozon dan jumlah karbon aktif.

⁶

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik Limbah Cair Industri Batik

Limbah cair industri Batik X sebelum diolah dengan ¹¹C-OL, mempunyai karakteristik seperti disajikan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 tersebut dapat diketahui bahwa COD, TSS, ²¹pH dan warna limbah cair industri Batik X tidak memenuhi Baku Mutu lingkungan (Kepmen-LH, No 5 Tahun ²²14). Hal ini disebabkan, Industri batik dalam proses produksi menggunakan zat warna organik dan anorganik sintesis dan alami.

Kandungan TSS pada limbah cair industri batik sangat besar, hal ini disebabkan adanya zat warna yang tidak larut sempurna dalam pelarut atau air. Sedangkan, warna hitam dan berbau dari limbah cair industri batik disebabkan, adanya pencampuran dari berbagai limbah berwarna yang terurai atau teroksidasi secara alami sehingga menimbulkan bau.

Kandungan COD yang tinggi dalam limbah cair industri Batik, disebabkan pada proses produksi Batik X menggunakan berbagai zat warna organik yang terbawa pada aliran limbah cair, sehingga nilai COD menjadi besar. Limbah cair industri Batik X mempunyai pH ± 6,0, hal ini disebabkan industri batik lebih banyak menggunakan pewarna alami yang lebih stabil pada pH asam (Handayani dkk, 2013).

3.2 Pengaruh Proses Elektrokoagulasi (EC) Pada Karakteristik Limbah Cair Batik

Pengaruh proses EC terhadap perubahan ¹⁴karakteristik limbah cair industri Batik X disajikan pada Tabel 2. Dari tabel tersebut dapat diketahui, bahwa semakin lama waktu proses EC maka penurunan TSS dan COD semakin besar, sedangkan pH limbah naik dari pH 6 menjadi pH 10 dan warna limbah berubah dari hitam – merah- hijau.

Tabel 2. Karakteristik Limbah Cair Industri Batik Setelah Proses Elektrokoagulasi (EC) Pada: COD_o 610 mg/lit dan TSS_o 11.500 gr/lit

t	COD (ppm)	% R COD	TSS (ppm)	% R TSS	pH
0	610	0	11500	0	6
20	490	20	9000	22	10
40	360	41	7650	34	10
60	280	54	5800	50	10

%R : % penurunan

Penurunan TSS selama proses EC dan sedimentasi mencapai 50% pada 60 menit proses dan sedimentasi selama 30 menit. Penyisihan TSS selama proses EC, disebabkan adanya proses yang terjadi pada proses EC yaitu: (1) reaksi oksidasi/reduksi pada permukaan elektroda, (2) pembentukan koagulan $Al(OH)_3$ dalam larutan limbah, (3) destabilisasi koloid oleh arus listrik dan koagulan, (4) adsorpsi kontaminan terlarut dan koloid pada permukaan koagulan (Nasser dkk, 2016 dan Riera-Torres dkk, 2010), sehingga koloid mudah bergabung, membesar dan cepat mengendap secara gravitasi.

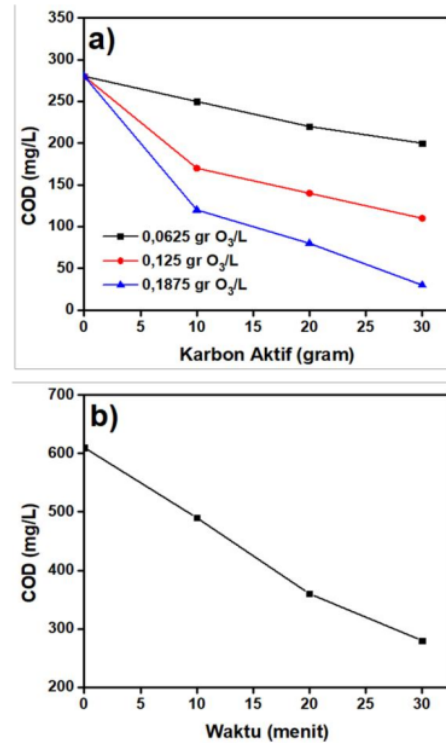
Penurunan COD terbesar untuk limbah cair industri Batik X selama proses EC terjadi pada 60 menit proses dengan persentase penyisihan COD sebesar 54%, hal ini disebabkan: (1) adanya degradasi kontaminan organik terlarut menjadi CO_2 dan H_2O oleh gas O_2 aktif (Raghu dkk, 2009) yang terbentuk di anoda dan H_2 di Katoda, (2) adsorpsi kontaminan organik terlarut pada permukaan inti flok (koagulan yang terbentuk) selama proses EC. Sedangkan, peningkatan nilai pH limbah disebabkan terbentuknya ion OH^- selama proses EC seperti dinyatakan pada reaksi no (3). Perubahan warna air limbah selama Proses EC dari hitam menjadi merah lalu hijau disebabkan adanya zat anorganik berupa logam seperti logam Mn yang teroksidasi dari Mn^{+2} menjadi Mn^{+6} .

3.3 Pengaruh Dosis Ozon dan GAC Pada OL Terhadap Karakteristik Limbah Cair Batik X

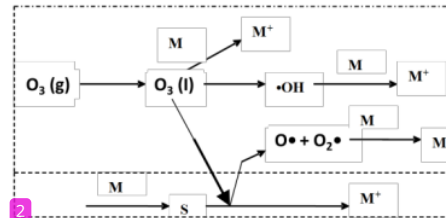
Pengaruh dosis Ozon (0,0625; 0,125; 0,1875 gr O_3 /liter) dan jumlah karbon aktif (10, 20 dan 30 gram) pada proses OL terhadap karakteristik limbah cair industri Batik X dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 3. Berdasarkan Tabel dan Gambar tersebut, diketahui bahwa dosis ozon dan GAC sangat berpengaruh terhadap penurunan nilai COD, TSS, pH dan warna limbah setelah Proses OL.

Berkurangnya COD limbah cair industri Batik X setelah OL disebabkan adanya oksidator O_3 terlarut dan radikal ($\cdot OH$, $\cdot O$ dan O^{*2}) yang terbentuk selama OL. Semakin lama proses OL berbasis O_3 /GAC berlangsung maka jumlah O_3 dan Radikal ($\cdot OH$, $\cdot O$ dan O^{*2}) semakin banyak dalam limbah cair. Pembentukan senyawa radikal tersebut dapat dijelaskan melalui mekanisme ozonasi

katalitik heterogen (Gottschalk dkk, 2000). Sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.



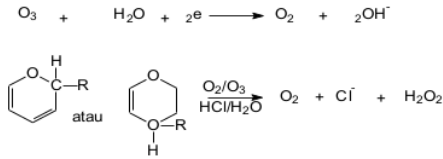
Gambar 2. Pengaruh a) jumlah karbon aktif pada OL dan b) waktu elektrokoagulasi terhadap nilai COD



Gambar 3. Skema Reaksi Ozonasi Katalitik Heterogen (Gottschalk dkk, 2000)

M adalah kontaminan (organik/anorganik) dalam limbah, dioksidasi oleh radikal hidroksil ($\cdot OH$), Oksigen ($\cdot O$ dan O^{*2}) dan O_3 menjadi M^+ (hasil oksidasi). Pembentukan senyawa radikal ($\cdot OH$, $\cdot O$ dan O^{*2}) disebabkan adanya inisiator ion hidroksil ($\cdot OH$) dalam air limbah dan ion peroksida (HO_2^-) yang terbentuk karena adanya H_2O_2 dalam air limbah (Langlais dkk, 1991) dan pada permukaan karbon aktif (Sánchez-Polo dkk, 2005).

Pembentukan inisiator $\cdot\text{OH}$ dalam limbah dan hydrogen peroksida (H_2O_2) pada permukaan karbon aktif selama ozonasi dinyatakan sebagai berikut (Sánchez-Polo dkk, 2005) pada Gambar 4:

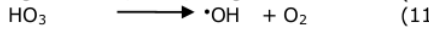
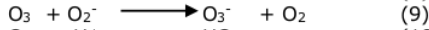
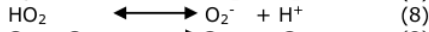
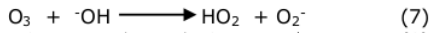


Gambar 4. Reaksi Pembentukan Peroksida oleh Ozon Pada Perukaan Karbon Aktif

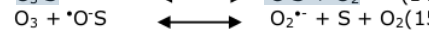
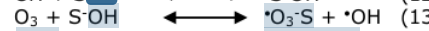
Pembentukan ion peroksida (HO_2^-) dalam air limbah disebabkan adanya H_2O_2 pada permukaan karbon aktif sebagai berikut (Persamaan 6):



Dekomposisi O_3 oleh inisiator ion hidroksil ($\cdot\text{OH}$) dan pembentukan senyawa radikal dalam air limbah selama OL (Hoigne dkk 1982) adalah sebagai berikut (Persamaan 7 - 11):



Dekomposisi O_3 di permukaan karbon aktif (S) Pada $\text{pH} \geq 6$ (Beltran dkk 2002) (Persamaan 12 - 15):



Tabel 3. Hasil pengolahan limbah cair industri batik dengan OL berbasis O_3/GAC pada: COD_0 280 mg/lit dan TSS_0 5800 gr/lit

O_3 (gr/Lt)	GAC (gr)	COD (mg/L)	%R COD	TSS (mg/L)	%R TSS
0,0625	10	250	10,7	4400	24
	20	220	21,4	3980	31
	30	200	28,6	3780	35
0,125	10	170	39,3	4060	30
	20	140	50,0	3620	38
	30	130	54,0	3160	46
0,1875	10	120	57,1	3540	39
	20	80	71,4	3060	47
	30	30	89,3	2140	63

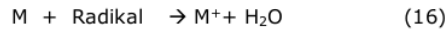
Penurunan TSS selama OL berbasis O_3/GAC dan sedimentasi disebabkan adanya O_3 , O_2 dan senyawa radikal ($\cdot\text{OH}$, $\cdot\text{O}$ dan $\text{O}^{\cdot 2}$) yang terbentuk selama OL,

selanjutnya senyawa tersebut dapat menyebabkan destabilisasi koloid, sehingga koloid mudah bergabung dan membesar dan mudah mengendap selama sedimentasi. Disamping itu, koloid dapat juga teradsorpsi pada permukaan karbon aktif.

Penurunan pH limbah cair Industri Batik selama OL berbasis O_3/GAC dan sedimentasi dari pH 10 menjadi pH 9, disebabkan selama proses OL senyawa organik yang ada dalam limbah diubah menjadi senyawa asam oleh radikal ($\cdot\text{OH}$, $\cdot\text{O}$ dan $\text{O}^{\cdot 2}$) dan ozon terlarut (Langlais dkk., 1991)

3.4 Pengaruh OL terhadap Laju Degradasi Kontaminan Organik/-anorganik

Laju degradasi kontaminan organik/organik (M) dalam limbah cair Industri Batik X yang diturunkan dari laju penurunan nilai COD oleh senyawa Radikal ($\cdot\text{OH}$, $\cdot\text{O}$ dan $\text{O}^{\cdot 2}$) selama OL, dapat di ilustrasikan dalam reaksi sebagai berikut (Persamaan 16):

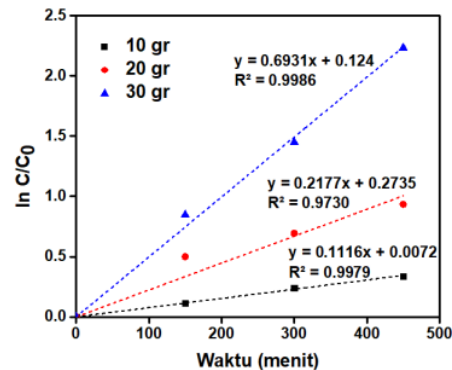


Bila reaksi (6) diasumsikan mempunyai orde Pseudo pertama, maka laju berkurangnya kontaminan organik (M) (Yazgan dan Kinaci, 2004; Benitez dkk, 2000) sama dengan (persamaan 17):

$$dC_M/dt = -k.t \quad (17)$$

Bila di integrasikan antara $t=0$ dan $t = i$, maka (persamaan 18):

$$\text{Ln } C_M/C_{M_0} = -k.t \quad (18)$$



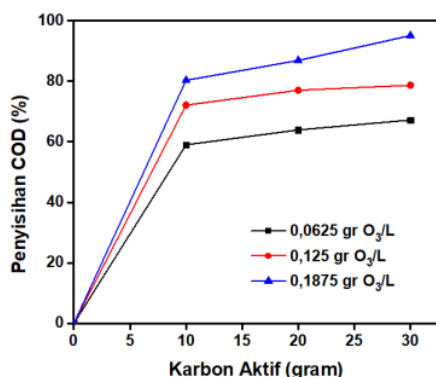
Gambar 5. Hubungan $\text{Ln } (C/C_0)$ Vs t Reaksi Oksidasi Lanjut (OL)

Dengan cara memplot $\text{Ln } (C_M/C_{M_0})$ vs t pada Gambar 5, maka dapat diketahui besarnya

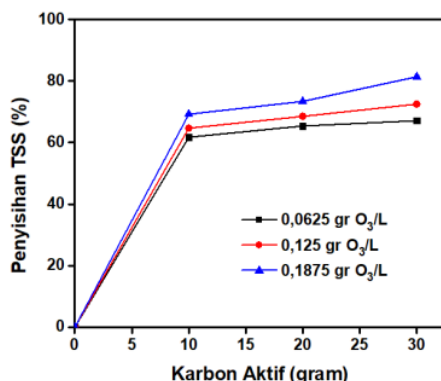
konstanta laju reaksi berkurangnya kontaminan organik ($k \text{ min}^{-1}$) sebagai slope. Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa Nilai k terbesar di peroleh pada jumlah karbon aktif sebanyak 30 gr dengan R^2 0,99 dan nilai k 0,6931 min^{-1} .

3.5. Pengaruh E-OL Berbasiskan O_3/GAC Pada Pengolahan Limbah Cair Batik

Pengaruh proses E-OL berbasiskan O_3/GAC pada penyisihan COD dan TSS limbah cair industri Batik dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7. Dari Gambar tersebut dapat dilihat bahwa prosentase penyisihan COD dan TSS meningkat dengan bertambah dosis ozon dan jumlah karbon aktif.



Gambar 6. Pengaruh E-OL Terhadap % Penyisihan COD Limbah Cair Industri Batik



Gambar 7. Pengaruh E-OL Terhadap % Penyisihan TSS Limbah Cair Industri Batik

Penyisihan COD dan TSS tertinggi pada proses E-OL terjadi pada penggunaan (30 gr KA + 0,1875 gr O_3/lt) untuk COD 95,08 % dan TSS 81,39%; pada (30 gr KA + 0,125 gr

O_3/lt) untuk COD 87 % dan TSS 83,39% dan pada (30 gr + 0,0625 gr O_3/lt) untuk COD 80,33 % dan TSS 69,22 %. Hal ini disebabkan sebelum proses OL berbasiskan O_3/GAC , limbah cair industri batik sudah terlebih dahulu dikenai proses Elektrokoagulasi yang berperan besar pada penurunan TSS dan OL berperan besar pada penyisihan COD.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan diperoleh bahwa waktu optimum proses Elektrokoagulasi (E) pada 60 menit dengan %R untuk COD 54% , % R untuk TSS 50% dan limbah berubah warna dari hitam ke hijau. Dosis ozon dan jumlah karbon aktif yang tepat pada OL berbasis O_3/GAC , adalah 01825 gr O_3/lt dengan %R COD 89,23% , % R TSS 63% dan limbah berubah warna dari hitam ke hijau serta dengan konstanta laju berkurangnya COD (k) sebesar 06931. Pengaruh gabungan proses Elektrokoagulasi-Oksidasi Lanjut (E-OL) berbasis O_3/GAC pada kondisi optimum Proses E (60 menit) dan OL (30 gr KA + 0,1875 gr O_3/lt) terhadap % R COD sebesar 95,08% dan TSS sebesar 81,39%.

Ucapan Terima Kasih

Kepada industri Batik di Kabupaten Tangerang, Banten yang telah mepercayai peneliti untuk mengolah limbah cairnya.

Daftar pustaka

- Aditya Rahmat Fauzi dan Tuhu Agung R., (2019). Kombinasi Fenton dan Fotokatalis sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Batik. *Jurnal Envirotek* Vol.10 (1):37-45.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, & Water Environment Federation. (1915). Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 2). American Public Health Association.
- ANTARA, (2009). Batik Indonesia Resmi Diakui UNESCO, 2 Oktober 2009.
- Beltrán, F. J., Rivas, J., Alvarez, P., & Montero-de-Espinosa, R. (2002). Kinetics of heterogeneous catalytic ozone decomposition in water on an activated carbon. *Ozone: science & engineering*, 24(4), 227-237.

- Benitez, F. J., Beltrán-Heredia, J., Acero, J. L., & Rubio, F. J. (2000). Rate constants for the reactions of ozone with chlorophenols in aqueous solutions. *Journal of hazardous materials*, 79(3), 271-285.
- Can a, O.T., Kobya a M., Demirbas b E., Bayramoglu c M. (2006). Treatment of the textile wastewater by combined electrocoagulation. *Chemosphere*, 62, 181-187.
- Chen, D., Sivakumar, M., & Ray, A. K. (2000b). Heterogeneous Photocatalysis in Environmental Remediation. *Developments in Chemical Engineering and Mineral Processing*, 8(5-6), 505-550.
- Eyvaz, M. (2016). Treatment of Brewery Wastewater with Electrocoagulation: Improving the Process Performance by Using Alternating Pulse Current. *International Journal Electrochem. Science*, 11, 4988 - 5008.
- Gomes, J.A.G., Mollah, M.Y.A., Morkovsky, P., and M. Kesmez, J. Parga, D.L. Cocke. (2004). Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. *Journal of Hazardous Material*. 114(1-3) : 199-210.
- Gottschalk, C., Libra, J. A., & Saupe, A. (2000). Ozone in overview. Ozonation of water and waste water: a practical guide to understanding ozone and its application. Wiley-Vch., Weinheim, Germany, 5-35.
- Handayani, P. A. dan Maulana, I. (2013). Pewarna Alami Batik Dari Kulit Soga Tingi (Ceriops tagal) Dengan Metode Ekstraksi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 2(2):1-6.
- Indah. P., 2008. Pengolahan Air Limbah Industri Batik CV. Batik Indah Rajadjongrang Yogyakarta Dengan Metode Elektrokoagulasi Ditinjau dari Parameter Chemical Oxygen Demand (COD) dan warna. Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Lingkungan, UII, Yogyakarta
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI, (2014). Peraturan Baku Mutu Limbah No. 5.
- Langlais, B., Reckhow, D. A., & Brink, D. R. (1991). Ozone in water treatment. *Application and engineering*, 558.
- Nagarkar, M. G., Chitodakar, V. D., Mandake, M. B. (2017). Catalytic Ozonation: A Rising Advanced Oxidation Technology for Textile Dyes, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6 (4), 6789-6796.
- Nasser M. A. G., Alaa M. S., and Nader, B. F. (2016). Removal of Reactive Red 24 Dye by Clean Electrocoagulation Process Using Iron and Aluminum Electrodes, *Journal of Chemical Engineering & Process Technology*, 7 (1), 2-7.
- Paskuliakova, A., McGowan, T., Tonry, S., & Touzet, N. (2018). Phycoremediation of landfill leachate with the chlorophyte *Chlamydomonas* sp. SW15aRL and evaluation of toxicity pre and post treatment. *Ecotoxicology and environmental safety*, 147, 622-630.
- Puspita, U. R., Siregar, A. S., & Hidayati, N. V. (2011). Kemampuan tumbuhan air sebagai agen fitoremediator logam berat kromium (Cr) yang terdapat pada limbah cair industri batik. *Berkala Perikanan Terubuk*, 39(1).
- Raghu, S., Lee, C. W., Chellammal, S., Palanichamy, S., & Basha, C. A. (2009). Evaluation of electrochemical oxidation techniques for degradation of dye effluents—A comparative approach. *Journal of Hazardous Materials*, 171(1-3), 748-754.
- Riera-Torres, M., Gutiérrez-Bouzán, C., Crespi, M., (2010). Combination of coagulation-flocculation and nanofiltration techniques for dye removal and water reuse in textile effluents, *Desalination*, 252, 53 - 59.
- Rame., Agus Purwanto., Agung Budiarto., (2017). Pengolahan Air Limbah Tekstil Berbasis Ozonisasi Katalitik dengan Katalis Besi(III) Oksida (Fe₂O₃) dan Aluminium Oksida (Al₂O₃) Menggunakan Difuser Mikro. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 8 (2), 67-75.
- Sánchez-Polo, M., Leyva-Ramos, R., & Rivera-Utrilla, J. (2005). Kinetics of 1, 3, 6-naphthalenetrisulphonic acid ozonation in presence of activated carbon. *Carbon*, 43(5), 962-969.
- Suprihatin, H. (2014). Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo

- dan Alternatif Pengolahannya. *Jurnal Penelitian Lingkungan Hidup Riau*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Pembangunan Surabaya.
- Valdés, H., & Zaror, C. A. (2005). Advanced treatment of benzothiazole contaminated waters: comparison of O₃, AC, and O₃/AC processes. *Water science and technology*, 52(10-11), 281-288.
- Yazgan, M. S., & Kinaci, C. (2004). β -endosulfan removal from water by ozone oxidation. *Water science and technology*, 48(11-12), 511-517.
- Yulianto, A., Hakim, L., Purwaningsih, I., & Pravitasari, V. A. (2009). Pengolahan limbah cair industri batik pada skala laboratorium dengan menggunakan metode elektrokoagulasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti*, 5(1), 6-11.

Kombinasi Proses Elektrokoagulasi – Oksidasi Lanjut Berbasis O3/GAC pada Limbah Cair Industri Batik

ORIGINALITY REPORT

17%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	academic-accelerator.com Internet Source	4%
2	journal.ity.ac.id Internet Source	3%
3	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	2%
4	www.researchgate.net Internet Source	1%
5	www.intechopen.com Internet Source	1%
6	Submitted to Universitas Riau Student Paper	<1%
7	spmi.lldikti4.or.id Internet Source	<1%
8	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1%
9	kimia.fmipa.unesa.ac.id Internet Source	<1%

10	jurnal.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
11	jurnalmahasiswa.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
12	www.scribd.com Internet Source	<1 %
13	ejournal.upnjatim.ac.id Internet Source	<1 %
14	es.scribd.com Internet Source	<1 %
15	badriyadi.wordpress.com Internet Source	<1 %
16	docplayer.info Internet Source	<1 %
17	doczz.es Internet Source	<1 %
18	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
19	repository.usu.ac.id Internet Source	<1 %
20	Shengkai Xu, Jiaxin Yang, Rafaat Hussein, Guangqing Liu, Bensheng Su. " Heterogeneous ozonation of ofloxacin using MnO - CeO / γ - Al O as a catalyst:	<1 %

Performances, degradation kinetics and possible degradation pathways ", Water Environment Research, 2021

Publication

21

jurnal.upnyk.ac.id

Internet Source

<1 %

22

www.diskusiskripsi.com

Internet Source

<1 %

23

www.kimland.pl

Internet Source

<1 %

24

www.neliti.com

Internet Source

<1 %

25

Sameena N. Malik, Shahbaz M. Khan, Prakash C. Ghosh, Atul N. Vaidya, Sera Das, Sandeep N. Mudliar. "Nano catalytic ozonation of biomethanated distillery wastewater for biodegradability enhancement, color and toxicity reduction with biofuel production", *Chemosphere*, 2019

Publication

<1 %

26

Zaied, M.. "Electrocoagulation treatment of black liquor from paper industry", *Journal of Hazardous Materials*, 20090430

Publication

<1 %

27

doku.pub

Internet Source

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On