

PENURUNAN KADAR WARNA DAN FENOL AIR LIMBAH BATIK MENGGUNAKAN METODE ADVANCED OXIDATION PROCESSES (AOPs) BERBASIS OZON-GAC

Endah Ayuningtyas

Teknik Lingkungan Institut Teknologi Yogyakarta (ITY)
email: EndahA25@ity.ac.id

ABSTRAK

Industri batik secara ekonomi memberikan pendapatan yang besar bagi Negara Indonesia. Namun di sisi lain setiap proses produksi batik banyak menggunakan zat-zat kimia yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Umumnya zat-zat pencemar dalam proses pembuatan batik dapat berupa zat warna maupun senyawa organik yang terlarut dalam air yaitu fenol. Salah satu teknologi inovatif untuk menurunkan kadar warna dan fenol pada limbah batik adalah dengan metode proses oksidasi lanjut atau Advanced Oxidation Process (AOPs) berbasis ozon dan Granular Activated Carbon (GAC).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum dari variabel waktu kontak ozonasi dan dosis karbon aktif pada limbah batik dengan teknologi AOPs berbasis Ozon/GAC. Dalam penelitian ini didapatkan hasil bahwa semakin lama waktu proses ozonasi dan semakin banyak dosis karbon aktif yang digunakan maka penurunan kadar wana dan fenol pada limbah batik semakin besar. Penurunan kadar warna dan fenol diperoleh waktu dan dosis optimum adalah 90 menit dan 2.0 gram dengan penurunan masing-masing 15 Pt-Co dan 0,0002 mg/L.

Kata kunci: kadar warna, fenol, karbon aktif, ozon

REDUCTION OF COLOR AND PHENOL OF BATIK WASTE WATER USING OZONE-GAC BASED ADVANCED OXIDATION PROCESSES (AOPs)

ABSTRACT

The batik industry economically provides a large income for the State of Indonesia. But on the other hand, every batik production process uses a lot of chemical substances that can cause environmental pollution. Generally, pollutants in the batik-making process can be dyes or organic compounds dissolved in water, namely phenols. One of the innovative technologies to reduce the color and phenol levels in batik waste is the advanced oxidation process (AOPs) based on ozone and Granular Activated Carbon (GAC).

This study aims to determine the optimum conditions of the variable contact time of ozonation and the dose of activated carbon in batik waste with Ozone / GAC based AOPs technology. In this study showed that the longer the time ozonation process and the more doses of active carbon used then reduction of color and phenol levels in the greater batik waste. The reduction in color and phenol levels obtained the optimum time and dose was 90 minutes and 2.0 grams with a decrease of 15 Pt-Co and 0.0002 mg / L.

Keywords: color content, phenol, activated carbon, ozone

PENDAHULUAN

Industri batik secara ekonomi memberikan pendapatan yang besar bagi negara, baik dari segi penyerapan tenaga kerja maupun pemasukan devisa negara dan pajak. Permintaan pasar untuk konsumsi lokal dan luar negeri terbuka luas sehingga memberikan peluang yang besar untuk perkembangan industri ini, tak terkecuali bagi sentra industri batik di Giriloyo, Imogiri, Bantul, Yogyakarta. Namun di sisi lain, setiap proses produksi batik banyak menggunakan zat-zat kimia yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Umumnya zat-zat pencemar dalam proses pembuatan batik dapat berupa zat warna maupun senyawa organik yang terlarut dalam air.

Salah satu senyawa organik yang terdapat dalam limbah batik adalah fenol. Fenol banyak terkandung dalam lilin yang digunakan selama proses pembatikan. Kehadiran fenol dan turunannya pada badan air menyebabkan turunnya kadar oksigen terlarut, bersifat racun dan korosif sehingga memiliki efek serius terhadap kehidupan mikroorganisme meskipun pada konsentrasi relatif rendah (Karci, 2014).

Zat warna merupakan senyawa organik yang mengandung gugus kromofor terkonjugasi. Zat warna yang digunakan oleh industri batik untuk pewarnaan batik diantaranya rhodamin B (RhB), indigosol dan napthol (Kasam et al, 2009). Zat warna ini biasanya dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga daerah aliran sungai menjadi berwarna, tidak dapat mendukung sistem kehidupan

perairan, mengandung logam berat, kualitas air menjadi semakin buruk dan tidak layak digunakan sebagai air bersih (Suyata & Kurniasih, 2012).

Metode-metode pengolahan zat warna dan fenol limbah batik terus diteliti dan dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas proses remediasi lingkungan perairan. Beberapa teknologi telah dilakukan untuk pengolahan limbah fenol dan zat warna di antaranya dengan metode pengolahan secara fisika yaitu adsorpsi, filtrasi dan *reverse osmosis*. Metode pengolahan secara kimia yaitu reaksi fotokatalitik, *ion exchange* dan ekstraksi, juga pengolahan secara biologi yaitu proses *aerob* dan *anaerob* (Villegas et al, 2016). Akan tetapi menurut Dakhil (2013) metode tersebut memerlukan beberapa tahapan proses, bahan kimia serta menghasilkan residu yang berbahaya bagi kesehatan.

Salah satu teknologi inovatif untuk menurunkan kadar fenol dan warna pada limbah batik adalah dengan metode proses oksidasi lanjut atau *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) dengan hasil akhir yang tidak berbahaya, ramah lingkungan serta menghasilkan CO_2 dan H_2O . AOPs merupakan sistem yang didasarkan pada sifat oksidatif yang sangat kuat dari radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$). Radikal ini dapat terbentuk dari kombinasi antara radiasi UV dan salah satu diantara komponen berikut : ozon (O_3), hidrogen peroksida (H_2O_2) dan titanium dioksida (TiO_3). Selain itu, radikal ini juga dapat dihasilkan dari kombinasi antara hidrogen peroksida dengan ion Fero (Fe^{2+}) yang biasa disebut sebagai reagen Fenton atau ozonasi katalik (O_3/GAC , O_3/TiO_2 dll) (Deng and Zhao, 2015). Beberapa permasalahan penggunaan AOPs dalam pengolahan limbah dengan radiasi UV adalah diperlukan reaktor khusus untuk iluminsi UV dan pemakaian lampu UV yang terbatas.

Di Indonesia pengembangan teknologi AOPs lebih cocok diarahkan pada AOPs berbasis ozon dan *granular activated carbon* (O_3/GAC) karena efektif, karbon aktif mudah didapat, tidak diperlukan regenerasi karbon aktif karena kontaminan dalam pori karbon aktif dapat diuraikan oleh ozon dan hemat pemakaian ozon (Enjarlis dan Junius, 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar warna dan fenol pada limbah batik menggunakan metode AOPs berbasis Ozon/GAC. Kajian mengenai kondisi optimum pengaruh pH larutan, dosis karbon, waktu kontak ozonasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan metode AOPs berbasis Ozon/GAC dalam menurunkan kadar warna dan fenol pada limbah batik.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terkait pengolahan limbah batik dengan metode AOPs telah dilakukan oleh beberapa yakni penelitian Rudi dan Ikbal (2005), menggunakan teknologi AOPs dengan ozon dan hidrogen peroksida sebagai oksidator dapat digunakan sangat efektif untuk menghilangkan warna pada limbah air tekstil. Destina, dkk, (2017) melakukan pengolahan limbah cair menggunakan metode kombinasi koagulasi-flokulasi (FeCl_3) dan teknologi AOPs ($\text{Fe}-\text{H}_2\text{O}_2$) yang dapat menurunkan keberadaan COD (83,91%), warna (77,35%) dan kekeruhan (91,46%).

Siti, dkk (2012) membandingkan metode Fenton dan Foto Fenton dalam menentukan kondisi optimum dekolorisasi limbah batik. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa proses Foto Fenton lebih efektif dibandingkan proses Fenton. Hal tersebut juga dilakukan oleh Tien, dkk, (2018) dalam mendegradasi fenol pada limbah batik menggunakan reagen Fenton dengan sinar UV. Meskipun demikian metode ini tetap akan dikembangkan dengan penggunaan bahan katalisator yang tidak menimbulkan endapan sehingga mengurangi proses pemisahan endapan.

Keberhasilan teknologi AOPs berbasis O_3/GAC dalam mengatasi permasalahan limbah telah terbukti pada penelitian Enjarlis, dkk (2012) yang sangat efektif dalam memperbaiki kualitas air limbah industri dan domestik baik yang mengandung zat-zat organik bersifat *biodegradable* maupun *non-biodegradable*.

Perbedaan dan kebaruan dari penelitian ini yakni mengaplikasikan teknologi AOPs berbasis O_3/GAC pada penurunan kadar warna dan fenol limbah batik sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan air limbah batik dalam pemanfaatan teknologi tepat guna dan terjangkau secara ekonomi bagi masyarakat maupun industri.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi pengaruh dan kondisi optimum dari variabel waktu kontak proses ozonisasi dan massa karbon aktif terhadap kadar warna dan fenol pada limbah batik dengan teknologi AOPs berbasis O_3/GAC .

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah ozon generator, spektrofotometer, jartest, pH meter, oven, timbangan analitik, stopwatch, corong pisah, kertas saring dan alat-alat gelas. Bahan-bahan

yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair batik diambil dari Giriloyo, Imogiri, Bantul, Yogyakarta, karbon aktif pro analisis (pa).

Percobaan dilakukan dalam 3 tahap, pertama, limbah batik sebelum diolah dikarakterisasi meliputi derajat keasaman (pH) menggunakan portable pH meter, cara uji warna secara perbandingan visual dan kadar fenol menggunakan metode spektrofotometri.

Tahap kedua yaitu proses ozonisasi menggunakan limbah cair batik dengan optimasi waktu kontak pada oksidasi lanjut (AOP's) berbasiskan O₃/GAC dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Memasukkan limbah cair industri batik sebanyak 2000 ml dalam reaktor ozon generator.
2. Mengaktifkan dan menginjeksikan ozon dari ozon generator.
3. Mengamati proses dan mengambil sampel 500 ml setiap pada waktu bervariasi yaitu 15 menit, 30 menit, 60 menit dan 90 menit kemudian diberi label umtuk mempermudah dalam proses adsorpsi.

Tahap ketiga yaitu proses adsorpsi menggunakan limbah hasil pengolahan dari proses ozonisasi dengan optimasi massa karbon aktif yang digunakan pada oksidasi lanjut (AOP's) berbasiskan O₃/GAC dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Menimbang karbon aktif masing-masing sebanyak 0,5 gram; 1,0 gram dan 2,0 gram.
2. Setelah itu karbon aktif dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang berisi limbah batik yang sudah diozonasi (sesuai label masing-masing).
3. Melakukan pengadukan dengan menggunakan Jar test dengan kecepatan 20 rpm selama 10 menit.
4. Setelah selesai, didiamkan selama 10 menit untuk proses pengendapan (sedimentasi).

Kemudian disaring menggunakan kertas saring dan di uji kadar warna dan kadar fenol untuk menentukan waktu kontak dan massa karbon aktif yang optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah Batik

Limbah batik sebelum diolah dengan teknologi AOPs berbasis O₃/GAC mempunyai karakteristik seperti yangndisajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Batik

Parameter	Karakter	Baku Mutu*
limbah batik		
Warna (Pt-Co)	15.000	50
pH	8,0	6,0-9,0
Fenol (mg/l)	0,099	0,05

***Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014**

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa limbah cair batik mempunyai pH 8 yang sudah sesuai baku mutu akan tetapi untuk karakter warna dan fenol tidak memenuhi Baku Mutu Lingkungan (Kepmen-LH No 5 Tahun 2014). Hal ini disebabkan industri batik Giriloyo, Imogiri, Bantul, Yogyakarta dalam proses produksi menggunakan zat warna organik dan anorganik sintetis dan alami sehingga perlu adanya proses pengolahan metode *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) berbasis O₃/GAC.

Penurunan Kadar Warna Limbah Batik

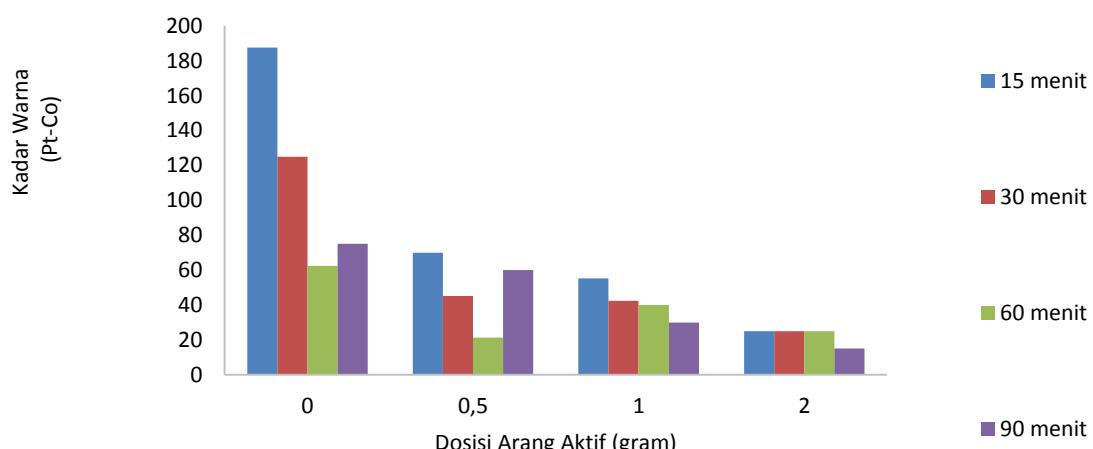
Pengaruh metode *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) berbasis O₃/GAC secara visual terjadi perubahan karakteristik warna limbah batik yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penurunan Kadar Warna Limbah Batik terhadap Waktu Kontak oleh Karbon Aktif.

Waktu	Hasil Analisis Kadar Warna (Pt-Co)			
	0 gr	0,5 gr	1,0 gr	2,0 gr
15 menit	187,5	70	55,25	25
30 menit	125	45,25	42,5	25
60 menit	62,5	21,25	40	17,5
90 menit	75	60	30	15

(Sumber : Data Primer, 2019)

Berdasarkan Tabel 2 diketahui penurunan kadar warna limbah batik ditunjukkan pada berbagai variasi (waktu ozonisasi dan dosis arang aktif) dan semuanya sudah di bawah baku mutu (50 Pt-Co). Penurunan kadar warna limbah batik optimum yaitu 15 Pt-Co pada waktu 90 menit dengan dosis 2,0 gram. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu proses ozonasi dan semakin banyak dosis karbon aktif yang digunakan maka penurunan warna semakin besar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penurunan Kadar Warna Limbah Batik terhadap Waktu Kontak oleh Karbon Aktif.

(Sumber : Data Primer, 2019)

Semakin lamanya waktu kontak proses ozonasi maka O_3 yang terbentuk akan semakin banyak, sehingga proses oksidasi senyawa organik yang merupakan zat warna menjadi lebih efektif dan senyawa organik yang merupakan zat warna akan teroksidasi menjadi senyawa dengan struktur molekul yang lebih sederhana. Proses ozonasi juga bekerja lebih efektif pada pH lebih dari 7, pada penelitian ini pH limbah batik bernilai sebesar 8 dimana pH basa proses ozonasi akan menghasilkan hidroksil radikal yang potensial oksidasinya lebih tinggi dari ozon. Radikal bebas hidroksil ini sangat reaktif dan mampu mendegradasi molekul warna sehingga dapat digunakan untuk mereduksi warna limbah batik secara efektif.

Sedangkan karbon aktif bekerja dalam membantu proses absorpsi mikro polutan hasil oksidasi dari sistem AOPs. Semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka semakin tinggi pula tingkat efisiennya. Hal ini dikarenakan, dengan meningkatnya massa adsorben maka luas permukaan adsorben semakin banyak zat warna yang teradsorpsi.

Penurunan Kadar Fenol Limbah Batik

Pengaruh proses AOPs berbasis O_3/GAC terhadap perubahan karakteristik fenol limbah batik disajikan pada Tabel 3.

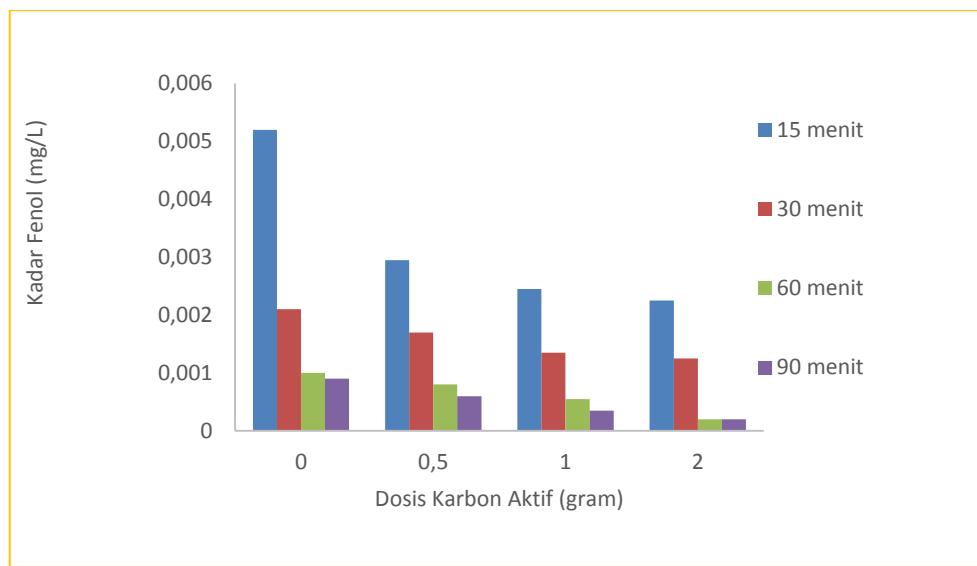
Tabel 3. Penurunan Kadar Fenol Limbah Batik terhadap Waktu Kontak oleh Karbon Aktif.

Waktu	Hasil Analisis Kadar Fenol (mg/L)			
	0 gr	0,5 gr	1,0 gr	2,0 gr
15 menit	0,005	0,0029	0,0024	0,0022
	2	5	5	5
30 menit	0,002	0,0017	0,0013	0,0012
	1		5	5
60 menit	0,001	0,0008	0,0005	0,0002
	0		5	
90 menit	0,000	0,0006	0,0003	0,0002
	9		5	

(Sumber : Data Primer, 2019)

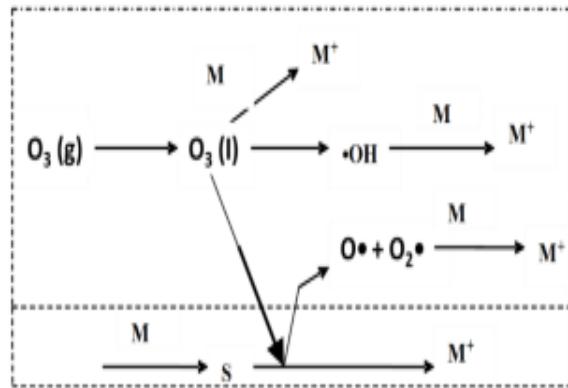
Berdasarkan dilihat bahwa

Tabel 3 di atas dapat penurunan kadar fenol limbah batik ditunjukkan pada berbagai variasi (waktu ozonisasi dan dosis arang aktif) dan semuanya sudah di bawah baku mutu (0,05 mg/L). Penurunan kadar warna limbah batik optimum ada pada waktu 60 menit dan 90 menit dengan dosis 2,0 gram yaitu 0,0002 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu proses ozonasi dan semakin banyak dosis karbon aktif yang digunakan maka penurunan warna semakin besar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Penurunan Kadar Fenol Limbah Batik terhadap Waktu Kontak oleh Karbon Aktif.
(Sumber : Data Primer, 2019).

Semakin lama proses ozonisasi maka jumlah oksidator ozon terlarut dan radikal (OH, O dan O₂) semakin banyak dalam limbah cair batik sehingga dapat digunakan untuk mendegradasi fenol (Gottschalk dkk, 2000). Pembentukan radikal OH dan oksigen semakin cepat dalam reaksi dekomposisi ozon, hal ini disebabkan adanya karbon aktif dan kondisi pH yang semakin besar (Enjarlis dan Junius Hardi, 2010).



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

Teknologi AOPs berbasis O_3/GAC termasuk ozonisasi katalik heterogen dan GAC (Granular Activated Carbon) berfungsi sebagai katalis padat yang mempercepat terbentuknya senyawa radikal. Hal ini dapat dijelaskan dalam teknik ozonasi-adsorpsi, bahwa karbon aktif tak hanya bertindak sebagai adsorben, tetapi juga sebagai katalis dalam meningkatkan reaksi oksidasi ozon mengindikasikan bahwa teknik ini dapat mendegradasi senyawa fenolik dalam limbah cair lebih cepat dan efisien (Qu *et al.*, 2007).



Gambar 4. Penurunan Kadar Warna dan Fenol pada Limbah Batik
(Sumber : Data Primer, 2019).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan yakni, Metode AOPs berbasis Ozon/GAC secara efektif dapat menurunkan kadar warna dan fenol pada limbah batik di bawah baku mutu yang ditetapkan. Semakin lama waktu proses ozonasi dan semakin banyak dosis karbon aktif yang digunakan maka penurunan kadar warna dan fenol pada limbah batik semakin besar. Penurunan kadar warna dan fenol pada metode AOPs berbasis Ozon/GAC diperoleh waktu optimum dan dosis optimum optimum adalah 90 menit dan 2,0 gram dengan penurunan masing-masing 15 Pt-Co dan 0,0002 mg/L.

Saran

Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan variasi dosis karbon aktif dan waktu ozonasi supaya diketahui paling optimum dan titik jenuhnya.

DAFTAR PUSTAKA

Dakhil IH. (2013). Removal of phenol from industrial wastewater using sawdust. *Research Inventory : International Journal of Engineering and Science*, 3 (1), 25-31.

- Deng Y, Zhao R. (2015). Advanced Oxidation Processes (AOPs) in wastewater treatment. *Current Pollution Reports*, 1 (3), 167-176.
- Destina S, Arya R, & Sudarno. (2017). Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Metode Kombinasi Koagulasi-Flokulasi (FeCl₃) dan AOPs (Fe-H₂O₂). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 9 (2).
- Enjarlis dan Junius. (2010). Aplikasi Advanced Oxidation Processes (AOPs) Berbasis O₃/GAC Pada Pengolahan Limbah Industri Tekstil. *Seminar Teknik Kimia Soehadi Rekswardojo*. Tangerang : Institut Teknologi Indonesia
- Enjarlis, Singgih H, Marcellinus C, Boy F.S, & Ode R.F. (2012). Kombinasi Proses Elektrokoagulasi-Oksidasi Lanjut Berbasis O₃/GAC pada Limbah Cair Industri Batik, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 14 (1), 44-52.
- Gottschalk, C., Liba, J.A., Sause, A. (2000). Ozonation of Water and Wastewater. *A Practical Guide to Understanding Ozone and Its Application*. Weinheim, German. Willey-Vsc Verlag GmbH.
- Karci, A. (2014). Degradation of chlorophenols and alkylphenol ethoxylates two representative textile chemicals in water by advanced oxidation processes: the state of the art on transformation product and toxicity. *Chemosphere*, 99 (3), 1-18.
- Kasam, Yuianto A, & Rahmayanti AE. (2009). Penurunan COD dan Warna pada Limbah Industri Batik dengan Menggunakan Aerobic Roughing Filter Aliran Horizontal. *Logika*, 6 (1), 27-31.
- Rudi N dan Ikbal. (2005). Pengolahan Air Limbah Berwarna dengan AOPs. *Jurnal Air Indonesia*. 1(1).
- Siti W., Sari H.D, dan Adel F. (2012). Dekolorisasi Limbah Industri Batik Menggunakan Proses Fenton dan Foto Fenton. *Jurnal BATAN*, 14 (2), 131-135.
- Suyata & Kurniasih M. (2012). Degradasi Zat Warna Kongo Merah Limbah Cair Industri Tekstil di Kabupaten Pekalongan Menggunakan Metode Elektrodekolorisasi. *Jurnal Molekul*. 7 (1), 53-60.
- Tien S., Kapti R., Dian W.D., Ening B.R. (2018). Degradasi Fenol pada Limbah Cair Batik Menggunakan Reagen Fenton dengan Sinar UV. *Jurnal Kimia VALENSI*. 4 (1).
- Villegas LGC, Mashhadi N, Chen M, Mukherjee D, Keith E, Taylor KE, Nihar BN. (2016). A short review of techniques for phenol removal from wastewater. *Current Pollution Reports*, 2 (3), 157-167.