



PENURUNAN KADAR COD DAN WARNA PADA LIMBAH ARTIFISIAL BATIK ZAT WARNA TURUNAN AZO MENGGUNAKAN METODE ADSORPSI ARANG AKTIF DAN OZONASI+ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Khairunnisa^{*)}, Arya Rezagama^{**)}, Fajar Arianto^{**)}

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
email: ikakhrnisa@gmail.com

Abstrak

Industri batik merupakan salah satu penghasil limbah cair tertinggi yang berasal dari proses pewarnaan atau pencelupan. Pada penelitian ini limbah batik artifisial zat warna Rapid Merah RM diolah menggunakan metode Adsorpsi Arang Aktif dan Ozonasi+ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Pada Metode Adsorpsi Arang Aktif sistem yang digunakan yaitu sistem batch menggunakan variasi massa adsorben 25; 50 dan 100 gram dengan waktu kontak selama 15; 30; 60; 120 dan 180 menit dengan ukuran arang aktif batok kelapa 8 Mesh dengan menggunakan aktivator 1 M HCl dan pada metode Ozonasi+ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ menggunakan variasi dosis 30; 60; 90 ppm dengan penambahan katalis FeSO_4 sebanyak 2 gram dengan waktu kontak 15; 30; 60; 90 dan 120 menit. Dosis optimum pada metode Adsorpsi Arang Aktif yaitu pada massa adsorben sebanyak 100 gram dan waktu pengadukan selama 180 menit dengan Efisiensi penurunan untuk parameter COD sebesar 88,52% dan untuk parameter Warna sebesar 90,99% sedangkan untuk metode Ozonasi yaitu pada dosis 60 ppm dan waktu kontak selama 90 menit dengan Efisiensi penurunan untuk parameter COD sebesar 98,1% dan untuk parameter Warna sebesar 99,88%.

Kata kunci: Limbah Batik Artifisial, Zat Warna Sintetis, Rapid Merah RM, Adsorpsi Arang Aktif, Ozonasi+ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, COD, Warna

Abstract

[Decreasing of COD and Color Amount on Batik Artificial Azo Dyes Waste Using Adsorption Method and Ozonation + $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$]. Batik industry is one of the highest producer of liquid waste that comes from the process of dyeing. In this research, the artificial waste of batik color Rapid Merah RM is processed using Activated Charcoal Adsorption and Ozonation + $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ method. In Adsorption Method of Activated Charcoal system used is batch system using variation of adsorbent mass 25; 50 and 100 grams with the contact time for 15; 30; 60; 120 and 180 minutes with the size of the coconut shell charcoal 8 Mesh using the activator 1 M HCl and the Ozonation+ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ method using a dose variation of 30; 60; 90 ppm applied by 2 grams of FeSO_4 catalyst with contact time 15; 30; 60; 90 and 120 minutes. The optimum dosage on Adsorption method is 100 gram dose of adsorbent and stirring time for 180 minutes with decreasing efficiency for COD parameter 88,52% and for Color parameter equal to 90,99% while for Ozonation method that is at dose 60 ppm and Contact time for 90 minutes with Decreasing efficiency for COD parameters of 98.1% and for Color parameters of 99.88%.

Keywords: Artificial Waste Batik, Adsorption, Ozone, COD, Color

PENDAHULUAN

Industri batik merupakan salah satu industri yang berkembang di Indonesia.. Dalam proses produksinya, industri batik merupakan salah satu penghasil limbah cair tertinggi yang berasal dari proses pewarnaan atau pencelupan. Selain kandungan zat warnanya yang tinggi, limbah industri batik dan tekstil juga mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar larut atau sukar diuraikan seperti logam berat (Purwaningsih, 2008). Proses persiapan bahan, pewarnaan dan pelodoran menghasilkan limbah cair dengan kandungan COD dan warna yang tinggi kadar COD mencapai 3039,7 mg/l dan warna 185 CU (Purwaningsih, 2008). Oleh karena itu pada penelitian ini akan dianalisis efisiensi penurunan dari COD dan pendegradasian zat warna dari limbah batik.

Salah satu contoh zat warna yang dipakai oleh industry batik adalah rapid merah yang merupakan senyawa turunan dari zat warna azo. Senyawa ini cukup stabil sehingga sangat sulit untuk terdegradasi di alam dan berbahaya bagi lingkungan apalagi dalam konsentrasi yang sangat besar karena dapat menaikkan kadar COD (Chemical Oxygen Demand). Hal ini mengakibatkan ekosistem lingkungan dan ekosistem perairan terganggu apabila limbah dibuang langsung tanpa diolah terlebih dahulu.

Pengolahan limbah batik artifisial menggunakan metode fisika-kimia yang dipilih dengan menggunakan pengolahan pendahuluan (pre-treatment) menggunakan proses Adsorpsi Arang Aktif yang kemudian dilanjutkan dengan menggunakan metode Ozonasi+ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Menurut Jannatin., dkk (2011) Salah satu pengolahan yang cukup familiar dan efisiensinya cukup tinggi dalam proses adsorpsi warna adalah memakai adsorben karbon aktif. Tetapi secara umum diketahui bahwa jenis adsorben karbon aktif yang biasa digunakan dinilai terlalu mahal karena umumnya dijual dalam bentuk powder sehingga tidak bisa dipakai berulang kali (regenerasi) seperti adsorben berbentuk granular. Oleh karena itu, pada penelitian ini

dilakukan percobaan adsorpsi arang aktif menggunakan arang batok kelapa dalam bentuk granular dimana arang batok kelapa relatif mudah dalam mendapatkannya, harganya lebih ekonomis dan bisa dipakai berulang-ulang sehingga menjadi nilai positif tersendiri untuk menggunakan arang batok kelapa sebagai adsorben dalam penelitian ini.

Alternatif teknologi pengolahan limbah cair dengan menggunakan oksidator kuat dengan metode ozonasi telah lama dilakukan di negara-negara Eropa dan negara maju lainnya. Pemilihan teknologi ini karena metode ini tidak menghasilkan produk sampingan dalam jumlah besar seperti pengolahan konvensional serta tidak memerlukan lahan yang besar. Berdasarkan penelitian Sururi, M.R, dkk (2012), bahwa proses ozonasi tidak hanya menyisihkan bahan organik, namun materi tersuspensi lainnya. Pada penelitian ini pada metode Ozonasi ditambahkan dengan katalis $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dimana $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ selain berperan sebagai katalis juga dapat berperan sebagai koagulan yang dapat mempercepat proses pendegradasian dari zat warna pada limbah batik artifisial jenis warna *Rapid Merah RM*.

Ozonasi dengan adanya karbon aktif dapat mempercepat dekomposisi ozon menjadi radikal hidroksil (Polo *et al.*, dalam Enjarlis 2008) sehingga sangat potensial untuk mengoksidasi senyawa organik yang terkandung di dalam limbah cair. Proses adsorpsi dengan karbon aktif bertujuan untuk membantu proses adsorpsi mikro polutan hasil oksidasi dari sistem. Dalam penelitian Isyuniarto., dkk (2006), metode ozonasi dapat menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS pada limbah batik dengan variasi pH, waktu kontak, serta penambahan tawas. Sehingga metode Ozonasi+ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pada penelitian ini sangat efektif dalam menurunkan kadar COD dan pendegradasian zat warna didalam limbah batik.

Dalam penelitian ini digunakan metode Ozonasi+ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan

kombinasi Adsorpsi Arang Aktif dengan menggunakan batok kelapa untuk menyisihkan kadar COD dan warna pada limbah batik artifisial zat warna *Rapid Merah RM*. Melalui metode ini diharapkan limbah batik artifisial zat warna *Rapid Merah RM* setelah pengolahan dapat memenuhi standar baku mutu limbah cair.

METODE PENELITIAN

2. Pelaksanaan penelitian

a. Pembuatan Limbah Artifisial

Limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah batik artifisial zat warna *Rapid Merah RM*. Berdasarkan hasil pengujian di salah satu saluran buangan dari *home industry* batik yang bermuara di salah satu Unit Pengolahan Limbah industri batik di Kota pekalongan didapat nilai COD pada limbah batik bernilai 1100 mg/L. Nilai COD dari salah satu saluran buangan *home industry* batik yang bermuara di salah satu Unit Pengolahan Limbah industri batik di Kota pekalongan tersebut yang menjadi landasan dalam pembuatan limbah artifisial zat warna *Rapid Merah RM*. Berdasarkan uji pendahuluan, dan *trial and error* didapat dosis zat warna *Rapid merah RM* yaitu 5000 ppm dengan nilai COD 1021 mg/L. Dosis zat warna *Rapid merah RM* sebesar 5000 ppm didapat dengan cara melarutkan 5 gram zat warna *Rapid Merah RM* dalam 1 liter air.

b. Adsorpsi Arang Aktif

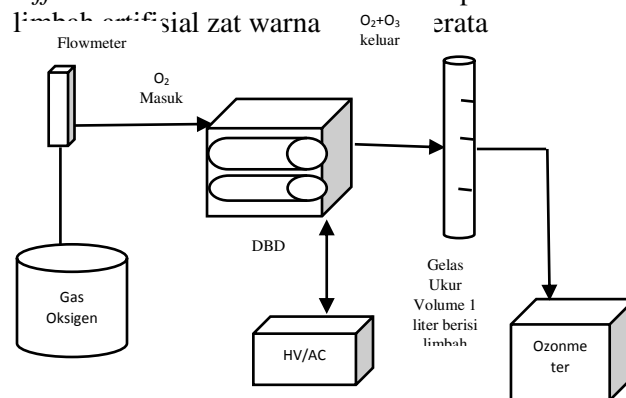
Pada Adsorpsi Arang Aktif massa arang yang digunakan yaitu 25, 50, dan 100 gram dengan waktu pengadukan 15 menit, 60 menit, 120 menit, dan 180 menit dengan kecepatan pangadukan konstan untuk setiap variasi massa yaitu 60 rpm.

Langkah kerja pada proses Adosrpsi Arang Aktif yaitu dimulai dari pengayakan arang dengan menggunakan mesh 8 yang bertujuan agar luas permukaan adsorben sama rata sehingga dapat secara efektif mengadsorpsi adsorbat, kemudian dilanjutkan dengan proses aktivasi arang

yang mengacu kepada penelitian terdahulu[] dan tahap yang terakhir yaitu proses Adsorpsi Arang aktif menggunakan sistem *batch* yang mengacu kepada penelitian sebelumnya dimana ada penelitian terdahulu peneliti juga menggunakan metode Adsorpsi Arang Aktif menggunakan sistem *batch*.

c. Ozonasi+ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Pada pengolahan dengan metode ozonasi reactor yang digunakan yaitu reactor dielectric barrier discharge. Tahapan pada proses ozonasi yaitu limbah artifisial zat warna dimasukkan ke dalam gelas ukur sebanyak satu liter. Lalu menyiapkan rangkaian ozon generator yang dihubungkan dengan sumber gas oksigen. Debit gas oksigen yang digunakan adalah 5 lpm, agar ozon yang dihasilkan tetap dapat mengalir didalam gelas ukur. Ozon generator juga dihubungkan ke sumber tegangan listrik sehingga terjadi lucutan yang mengubah oksigen menjadi ozon. Pengaturan besar tegangan listrik akan mempengaruhi konsentrasi ozon yang terbentuk. Konsentrasi ozon di ukur dengan ozon meter. Pada pengolahan limbah artifisial zat warna digunakan konsentrasi ozon dengan variasi 30, 60, dan 90 ppm. Ozon yang terbentuk dari ozon generator dihubungkan dengan *air diffuser* untuk mendistribusikan ozon pada air limbah artifisial zat warna



Gambar 1. Skema Alat Ozonasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Karakteristik Limbah Batik Artifisial

Berdasarkan uji karakteristik awal dari limbah batik artifisial zat warna *Rapid Merah RM* didapatkan data hasil yang tertera pada tabel 4.1.

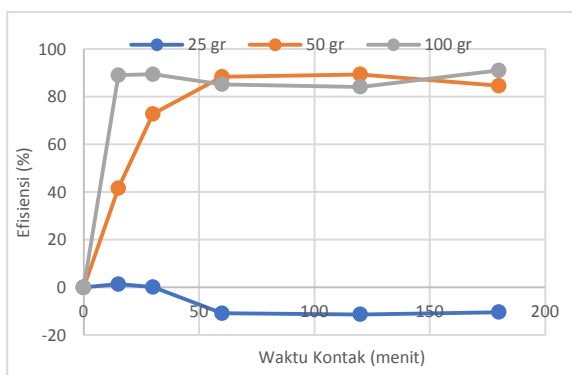
No	Parameter	Kadar	Baku Mutu (*)
1	COD	1100 mg/L	150 mg/l
2	Warna (Absorbansi)	4.317	

*Permen LH No.5 Tahun 2014

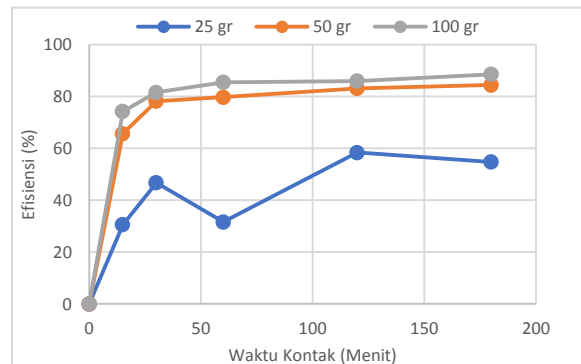
Berdasarkan tabel 4.1 diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi COD melebihi baku mutu Permen LH No.5 Tahun 2014 sehingga perlu adanya proses pengolahan yang menggunakan metode Adsorpsi Arang Aktif dan Ozonasi+FeSO₄.

b. Adsorpsi Arang Aktif

Pada percobaan ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik adsorbate (COD, dan warna) dan adsorben, yang dinyatakan dalam hubungan antara penurunan adsorbate (COD, dan warna) terhadap massa adsorben dalam suatu koefisien dari persamaan yang ada dan hubungan antara penurunan adsorbate (COD, dan warna) terhadap waktu kontak yang telah ditentukan. Berikut merupakan grafik penurunan konsentrasi COD dan warna terhadap waktu kontak oleh adsorben.



Gambar 2. Efisiensi penurunan konsentrasi warna terhadap waktu kontak oleh adsorben arang aktif batok kelapa



Gambar 3. Efisiensi penurunan konsentrasi COD terhadap waktu kontak oleh adsorben arang aktif batok kelapa

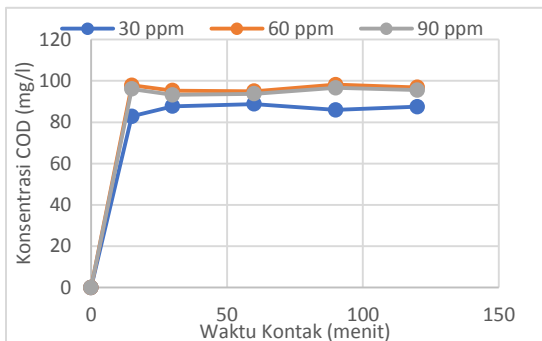
Penggunaan massa adsorben yang berbeda menghasilkan efisiensi penurunan yang berbeda pula satu dengan yang lainnya. Adsorben dengan variasi massa terbesar menunjukkan hasil penurunan konsentrasi terbesar. Sedangkan berdasarkan grafik 4.2 dan 4.4 terlihat bahwa waktu optimum pada massa adsorben optimum terjadi pada waktu kontak 3 jam (180 menit). Peningkatan waktu kontak akan meningkatkan efisiensi penyisihan karena semakin lama kontak yang terjadi antara adsorben dan adsorbat, maka akan semakin banyak adsorbat yang dapat terdifusi ke dalam adsorben (Afifah, 2014)

Untuk parameter absorbansi warna dengan dengan massa adsorben 25, 50, dan 100 gram efisiensi yang dicapai pada kondisi optimum yaitu 1.37% (4.317 menjadi 4.258); 89.37% (4.317 menjadi 0.459); 90.99% (4.317 menjadi 0.389). Menurut Afifah (2014) dalam penelitiannya menggunakan arang aktif dari tempurung kelapa mengenai parameter penurunan warna dengan metode batch mencapai 74.67 %

Untuk parameter COD dengan massa adsorben 25, 50, dan 100 gram efisiensi yang dicapai pada kondisi optimum yaitu yaitu 54.72% (1012 mg/l menjadi 421 mg/l); 84.36% (1012 mg/l menjadi 158 mg/l); 88.52% (1012 mg/l menjadi 116 mg/l).

c. Metode Ozonasi+FeSO₄.7H₂O

Hasil uji penurunan COD dan Warna dari metode Ozonasi+FeSO₄.7H₂O menggunakan

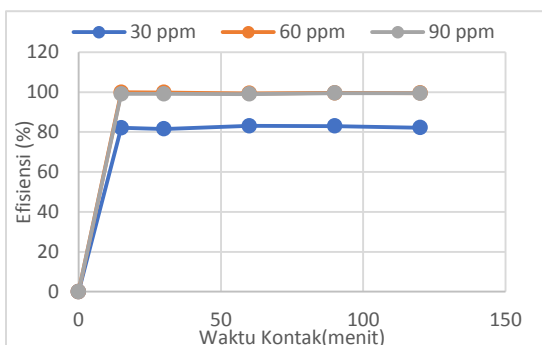


reaktor *dielectric barrier discharge* dapat dilihat pada gambar 8 dan 9 sebagai berikut :

Gambar 4. Grafik efisiensi penurunan parameter COD terhadap waktu kontak pada proses ozonasi+FeSO₄

Gambar 5. Grafik efisiensi penurunan parameter warna terhadap waktu kontak pada proses ozonasi+FeSO₄

Semakin tinggi dosis ozon yang diberikan penurunan konsentrasi COD juga semakin tinggi. Hal ini terjadi karena semakin banyaknya radikal hidroksil (OH⁻) yang terbentuk, dimana radikal hidroksil (OH⁻) merupakan spesies yang berperan penting dalam penguraian senyawa organik dalam limbah cair. Dengan adanya radikal hidroksil

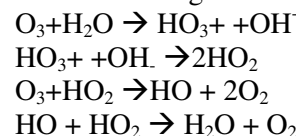


ini, maka pengolahan akan menjadi lebih cepat, karena potensial oksidasinya tinggi (Tchobanoglous, 2003). Namun pada dosis ozon sebesar 90 ppm, Radikal hidroksil sudah mengalami titik jenuh sehingga ozon tidak mampu bekerja secara maksimal.

Untuk parameter COD dengan dosis ozon 30 ppm, 60 ppm, dan 90 ppm efisiensi

optimum yang dicapai yaitu pada dosis 60 ppm dengan waktu kontak selama 90 menit. Semakin lamanya waktu kontak proses ozonasi maka O₃ yang terbentuk akan semakin banyak, sehingga proses oksidasi senyawa organik yang merupakan dasar dari terbentuknya material zat warna Rapid Merah RM menjadi lebih efektif dan senyawa organik yang mempengaruhi zat warna rapid merah RM 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 zat warna Rapid Merah RM bernilai sebesar 10.51 dimana pada pH basa proses ozonasi akan menghasilkan hidroksi radikal yang potensial oksidasinya lebih tinggi daripada ozon. Dengan demikian, akan semakin banyak senyawa organik yang teroksidasi dan proses ozonasi akan semakin efektif. Selain itu ion OH⁻ yang ada dapat membantu radikal bebas HO₂ dan HO untuk mengoksidasi senyawa organik. Adapun reaksi lengkap ozon dalam air adalah sebagai berikut:



Pada pH yang lebih tinggi, penurunan kadar COD lebih efektif, hal ini dikarenakan semakin tinggi pH air limbah, maka ion OH⁻ yang merupakan oksidator kuat juga semakin banyak, sehingga akan lebih efektif dalam oksidasi zat organik yang terkandung didalam air limbah tersebut.

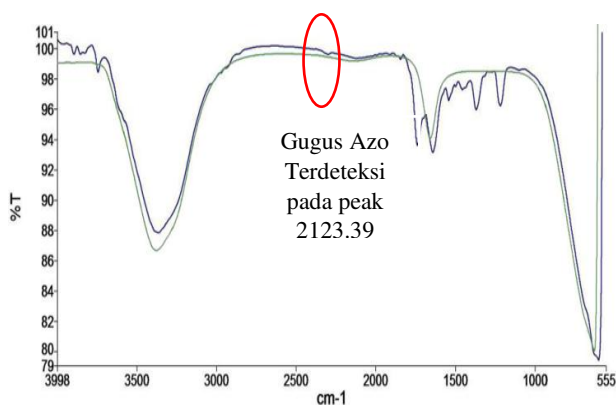
Efisiensi penurunan zat warna tertinggi yaitu pada dosis ozon sebesar 60 ppm. Ozon yang dihasilkan dari oksigen murni serta dikombinasikan dengan katalis Fe₂SO₄ sebanyak 2 gram mampu mereduksi warna sampai 99.88 % dengan warna air limbah yang sudah hilang dan mengendap hanya dalam waktu 15 menit.

Persentase penyisihan warna terbesar yaitu pada menit ke-15 dengan efisiensi sebesar 99.88 %, namun setelah menit ke 15 persentase penyisihan konstan. Hal ini

disebabkan karena ozon hanya mau berikatan dengan seyawa organik tertentu yang merupakan penyusun zat warna. Oleh karena itu pada waktu 15 menit ozon sudah bekerja secara optimal dalam mendegradasi zat warna sehingga pada menit-menit selanjutnya kinerja ozon sudah tidak optimal (Purwadi, 2006).

D. Analisa FTIR

Dari uji spektroskopi IR dengan sampel limbah batik artifisial zat warna *Rapid Merah RM* didapatkan spektrum inframerah seperti yang tampak pada gambar 9



Gambar 9. Spektrum Inframerah Limbah Batik Artifisial *Rapid Merah RM* Sebelum dan sesudah pengolahan

Keterangan :

— : Spektrum Warna *Rapid Red* Sebelum Pengolahan

— : Spektrum Warna *Rapid Red* Setelah Pengolahan

Berdasarkan hasil FTIR pada gambar 4.20, terdapat perbedaan spektrum sebelum dan setelah proses pengolahan pada zat warna *Rapid Merah RM*. Terdapat gugus O-H yang terdeteksi setelah proses pengolahan yang terletak pada rentang gelombang 3898.13-3366.96 cm^{-1} yang semula pada titik spektrum 3372.07 cm^{-1} yang dapat diartikan telah terjadi peningkatan nilai transmittan yang diartikan terbentuknya radikal hidroksil. Perubahan dan pengurangan puncak gelombang menandakan terjadinya reaksi kimia dalam proses pengolahan yang dapat

merubah atau menghilangkan gugus fungsi suatu senyawa (Imtiyaz dkk., 2016).

KESIMPULAN

Hasil Analisa menjelaskan bahwa metode Adsorpsi Arang Aktif dapat menurunkan kadar COD sebesar 88.52 dan Warna 90.99 pada limbah artifisial zat warna *Rapid Merah RM*. Terbaru pada penelitian ini yaitu metode untuk pengolahan air limbah zat warna *Rapid Merah RM* dengan menggunakan metode ozonasi+ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dimana metode ozonasi+ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ini memberikan hasil positif dengan kemampuan dekolorisasi dan degradasi nilai COD yang sangat baik untuk zat warna *Rapid Merah RM* dengan konsentrasi tinggi 5000 ppm dengan hasil efisiensi pada dosis optimum untuk penurunan COD bernilai 98.1% dan pendegradasian warna bernilai 99.88%.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, Maryam. 2014. *Adsorpsi dan Regenerasi Karbon Aktif Batu Bara dan Tempurung Kelapa Terhadap Zat Warna Anionik Congo Red*. Department of Civil Engineering, University Indonesia, Jakarta
- Enjarlis, 2008. *Fenomena penyisihan campuran insektisida (karbofuran-endosulfan) dengan teknik ozonasi*. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Isyuniarto, Widdi Usada, Suryadi, Agus Purwadi (2006). *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Teknik Lucutan Plasma*. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN
- Imtiyaz, Inas, dkk. 2016. *Pengolahan BOD, COD, TSS dan pH Pada Limbah Industri MSG Menggunakan Teknologi Advanced Oksidation Process (O3/H2O2 dan Fenton)*. Undip: Jurnal Teknik Lingkungan
- Jannatin, R.D., Razif, M. & Mursid, M., 2008. *Uji Efisiensi Removal Adsorpsi Arang Batok Kelapa Untuk Mereduksi Warna Dan Permanganat Value Dari*



- Limbah Cair Industri Batik*. FTSP ITS.
Purwadi, A. dkk. (2006). *Aplikasi Ozon Hasil
Lucutan Plasma untuk Menurunkan
Nilai pH, COD, BOD dan Jumlah
Bakteri Limbah Cair Rumah Sakit*.
Prosiding PPI-PDIPTN 2006.
ISSN:0216-3128
- Purwaningsih, I., 2008. *Pengolahan Limbah
Cair Industri Batik Cv. Batik Indah
Raradjonggrang Yogyakarta Dengan
Metode Elektrokoagulasi Ditinjau Dari
Parameter Chemical Oxygen Demand
(COD) Dan Warna*. UII Yogyakarta.
- Sururi, Mohamad Rangga, dkk. 2014.
*Pengolahan Lindi dengan Proses Oksidasi
Lanjut Berbasis Ozon*. Institut
Teknologi
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. dan Stensel,
H. D. 2003. "Waste Water Engineering:
Treatment and Reuse". Metcalf & Eddy
Inc., New York.
Fifth Edition. Mc Graw Hill. New York.