



PENGOLAHAN LIMBAH CAIR ZAT WARNA JENIS *INDIGOSOL YELLOW* MENGGUNAKAN KOMBINASI METODE *FENTON* (Fe^{2+}/H_2O_2) DAN ADSORPSI ARANG BATOK KELAPA TERHADAP PARAMETER COD DAN WARNA

Nofriani Surahman^{*)}, Mochtar Hadiwidodo^{**)}, Arya Rezagama^{**)}

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

email: nofrianisurahman@gmail.com

Abstrak

Batik merupakan salah satu jenis tekstil yang banyak diminati oleh masyarakat. Pada proses pembuatannya, terdapat proses pewarnaan dimana kebanyakan dari industri-industri batik menggunakan pewarna sintetis sebagai bahan utamanya, salah satu jenis pewarna sintetis yang digunakan adalah *Indigosol Yellow*. Namun, dari proses pewarnaan pada industri batik ini menghasilkan limbah yang akan menjadi pencemar jika dibuang ke lingkungan. Limbah tersebut menjadi pencemar karena memiliki kandungan COD dan warna yang tinggi. Karena itu perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah yang dihasilkan. Dalam penelitian ini digunakan limbah artifisial dengan zat pewarna *Indigosol Yellow* dengan kadar COD 1.256 mg/L dan memiliki nilai warna sebesar 210 Pt-Co. Metode pengolahan menggunakan metode fenton, adsorpsi arang batok kelapa dan kombinasi dari kedua metode ini. Tujuannya adalah untuk menentukan bagaimanakah efisiensi pengolahan dari masing-masing metode yang akan digunakan serta kombinasi dari kedua metode tersebut. Hasil pengolahan paling efektif adalah dengan menggunakan metode fenton saja, yakni hasil pengolahan untuk COD sebesar 26,68 mg/L dan efisiensi penurunan nilai COD sebesar 97,88% sedangkan hasil pengolahan untuk warna sebesar 0,87 Pt-Co dan efisiensi penurunan warna sebesar 99,56%.

Kata Kunci: *Industri Batik, Pewarna Sintetis, Indigosol Yellow, COD, Warna, Adsorpsi Arang Aktif, Fenton ($Fe^{2+}+H_2O_2$)*

Abstract

[The Treatment of Indigosol Yellow Dyes Waste Water using the Combination of Fenton Method (Fe^{2+}/H_2O_2) and Charcoal Adsorption to Decrease the COD Concentration and Color]. Batik is a type of textile that has a high demand. In the process of manufacture, there is a dyeing process where the most of batik industries use synthetic dyes as the main ingredient, one type of synthetic dye used is Indigosol Yellow. However, the dyeing processes will produce wastewater that will become pollutant if disposed to the environment. The waste of batik industry will be polluted due to its high number of COD and colour. Therefore waste water treatment is needed. In this study, Indigosol Yellow will be used as the artificial waste with COD concentration 1.256 mg/L and its color value is 210 Pt-Co. Treatment use three different methods, which are Fenton Method, Adsorption of Charcoal and combination of these two methods. The goal of this study is to find out the efficiency of each methods and also the combination of both methods. The most effective treatment result is by using the fenton method. Best result for COD at the end of treatment is 26,68 mg/L and its removal efficiency is up to 97,88% while the best result for color at the end of treatment is 0,87 Pt-Co and its removal efficiency is 99,56%.

Keywords: *Batik Industry, Synthetic Dyes, Indigosol Yellow, COD, Color, Adsorption of Active Charcoal, Fenton Processes ($Fe^{2+}+H_2O_2$)*



1. Pendahuluan

Batik adalah salah satu jenis tekstil yang memiliki corak yang khas dan berbeda di tiap daerah. Kebutuhan akan batik baik berupa kain ataupun pakaian jadi semakin meningkat, hal ini disebabkan oleh banyaknya permintaan akan batik baik dari dalam maupun luar negeri. Untuk memenuhi permintaan batik yang meningkat, terdapat banyak produsen batik yang memiliki industri batik baik dalam skala rumahan maupun skala industri besar. Salah satu daerah di Indonesia yang menjadi sentra batik adalah Kota Pekalongan, Jawa Tengah.

Dalam proses pembuatannya terdapat proses pewarnaan atau pencelupan. Pewarnaan dilakukan untuk menambah nilai estetika dan nilai jual dari suatu produk batik. Untuk melakukan proses pewarnaan ini tentu diperlukan penambahan zat pewarna. Zat pewarna yang digunakan dalam industri batik dapat berupa zat pewarna alami maupun zat pewarna buatan atau sintetis. Namun dalam prakteknya di lapangan, kebanyakan dari industri-industri batik yang ada menggunakan zat pewarna sintetis dalam proses produksinya. Pemakaian zat pewarna sintetis ini dinilai lebih efisien, efektif dan ekonomis dibandingkan dengan penggunaan zat pewarna alami. Salah satu jenis pewarna sintetis yang digunakan adalah *Indigosol Yellow*.

Limbah yang dihasilkan dari industri tekstil yang menggunakan zat pewarna sintetis dapat menjadi polutan jika dibuang ke lingkungan, terutama ke badan air. Pada umumnya polutan yang terkandung dalam limbah industri batik dapat berupa logam berat, padatan tersuspensi atau zat organik (Purwaningsih, 2008). Selain itu, air limbah industri batik dapat pula menghasilkan parameter BOD, COD serta warna yang relatif tinggi (Suparno, 2010). Menurut penelitian yang pernah dilakukan terhadap parameter COD dan warna dari limbah tekstil menyebutkan bahwa limbah tersebut memiliki kadar COD yang tinggi yaitu mencapai 3.039,7 mg/L dan warna 185 CU (Purwaningsih, 2008). Limbah industri batik mengandung bahan-bahan sintetis yang sukar larut atau sukar diuraikan. Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri batik umumnya merupakan senyawa organik non-biodegradable. Limbah jenis ini tentu saja dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Keberadaan zat warna di dalam limbah batik bisa saja mengalami dekomposisi oleh cahaya matahari secara alami, namun reaksi ini berlangsung relatif lebih lama daripada terjadinya akumulasi zat warna ke dasar perairan sehingga proses fotodegradasi terhadap limbah zat warna ini tidak terjadi (Al-Kdasi, 2004). Selain itu limbah batik juga dapat menaikkan kadar COD akibat dari zat organik yang terdapat pada

zat pewarna sintetis. COD yang tinggi dapat menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut di air. Akibatnya proses-proses biologi yang bersifat aerob di perairan dapat terganggu, sehingga proses anaerob dapat terjadi dan dapat menyebabkan perairan menjadi septik. Karena itu perlu dilakukan pengolahan air limbah dari industri batik, sehingga parameter-parameter air limbah dapat memenuhi baku mutu air limbah yang telah ditentukan dan tidak menimbulkan efek negatif di lingkungan.

Karena limbah dari zat pewarna ini tidak dapat diuraikan secara biologis, maka diperlukan metode lain untuk mengolahnya. Salah satu metode yang diharapkan dapat menguraikan atau mendegradasi zat pewarna serta menurunkan nilai COD limbah yang dihasilkan dari industri batik terutama jenis indigosol kuning adalah menggunakan metode adsorpsi dan *Advanced Oxidation Processes* (AOPs). Pada pengolahan dengan adsorpsi, material yang disebut sebagai adsorban memiliki peranan penting untuk menghilangkan polutan dalam limbah (Rahmanet al, 2013). Salah satu contoh media adsorben yang dapat digunakan adalah arang batok kelapa. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Jannatin (2011), efisiensi removal warna terhadap limbah cair industri batik menggunakan metode adsorpsi dengan arang batok kelapa mencapai 77%-100%; penelitian yang dilakukan oleh Agustina (2015) terhadap penurunan kadar COD pada pengolahan air limbah pencucian biji kopi mencapai efisiensi removal sebanyak 98,2% setelah diolah dengan fenton dan adsorpsi dengan arang aktif.

Metode AOPs bertujuan untuk menghasilkan hidroksil radikal yang nantinya dapat mengoksidasi zat-zat pencemar. Salah satu jenis dari metode AOPs ini adalah dengan menggunakan reagen Fenton (Fe^{2+}/H_2O_2). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Agustina (2015) terhadap penurunan COD pada air limbah pencucian biji kopi, efisiensi removalnya dengan menggunakan metode fenton adalah sebesar 63%; pada penelitian yang dilakukan oleh Wardiyati (2012), efisiensi penurunan warna pada limbah industri batik menggunakan metode fenton adalah sebesar 77,5%.

Pada penelitian ini digunakan limbah artifisial dengan menggunakan zat pewarna indigosol kuning (*Indigosol Yellow*) yang memiliki nilai COD yang sama dengan limbah asli yang diambil dari Unit Pengolah Limbah (UPL) yang berada di Kota Pekalongan dan telah diuji sebelumnya, serta parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah nilai COD dan warna. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode AOPs dengan fenton (Fe^{2+}/H_2O_2), adsorpsi dengan media adsorban arang

batok kelapa, serta kombinasi antara adsorpsi arang batok kelapa dan oksidasi (AOPs) dengan reagen fenton. Diharapkan dengan metode ini, zat warna indigosol kuning yang terdapat pada limbah dapat didegradasi dan dapat pula menurunkan nilai COD limbah. Diharapkan pula metode ini dapat diterapkan pada industri-industri batik atau pada unit pengolahan limbah terutama limbah dari industri batik atau tekstil sehingga air limbah yang mengandung zat pewarna terutama dari zat pewarna indigosol kuning dapat diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

2. Metode Penelitian

2.1 Pembuatan Limbah artifisial zat warna

Sebelum dibuat limbah artifisial, dilakukan dulu uji sampel limbah asli untuk mengetahui karakteristik limbah asli. Sampel limbah industri batik diambil dari inlet UPL yang berada di Kelurahan Jenggot, Kecamatan Pekalongan Selatan, Kota Pekalongan. Limbah berasal dari industri-industri batik di sekitaran UPL yang membuang limbahnya ke saluran pengumpul seperti saluran drainase yang nantinya diarahkan ke UPL tersebut. Sampel yang telah diambil selanjutnya diuji kandungannya di BP2 Jawa Tengah dan di Laboratorium Teknik Lingkungan UNDIP. Nilai COD pada sampel yang cukup tinggi (berkisar antara 1.100 – 1.200 mg/L) dijadikan sebagai patokan untuk membuat limbah artifisial yang dibuat dari salah satu pewarna batik yang biasanya digunakan di industri-industri batik, yaitu pewarna jenis *Indigosol Yellow*.

Cara pembuatan limbah artifisial ini pertama dengan menambahkan aquades sebanyak 1 liter kedalam gelas beaker ukuran 1 liter. Bubuk zat pewarna indigosol terlebih dahulu ditimbang sebanyak 4 g dan dicampur ke dalam 1 liter aquades yang telah disiapkan. Lalu aduk campuran tersebut dengan magnetic stirrer sampai larutan homogen. Setelah larutan limbah artifisial homogen, dilakukan uji pendahuluan berupa uji nilai COD larutan tersebut. Bahan pewarna indigosol kuning didapat dari salah satu produsen batik di Pekalongan.

Variabel kontrol dalam pembuatan limbah artifisial ini adalah konsentrasinya. Zat pewarna jenis *Indigosol Yellow* agar memiliki parameter COD yang sama dengan nilai COD pada limbah asli digunakan 4 gram bubuk pewarna *Indigosol Yellow* yang dilarutkan dalam satu liter aquades. Dari hasil pengujian nilai COD didapat nilai COD limbah artifisial yaitu 1.256 mg/L. Sedangkan untuk panjang gelombang warna didapat panjang gelombang paling tinggi atau peak pada 497 nm dengan nilai warna 210 Pt-Co.

2.2 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam skala laboratorium. Alat yang digunakan pada pengolahan dengan metode Fenton dan Adsorpsi adalah *Jartest* dengan merek *FC4S Velp Scientica* serta untuk pengujian nilai COD dan warna menggunakan *Spektrofotometri UV-Vis* merek *Genesys tipe 10.1*.

2.3 Langkah Kerja

A. Fenton

Disiapkan 500 ml limbah artifisial kedalam gelas beaker 1000 ml. Ditambahkan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0,25, 0,5 dan 1 gram ke dalam masing-masing gelas beaker. Lalu diaduk menggunakan jar test dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Setelah satu menit, ditambahkan 1 ml larutan H_2O_2 pada limbah yang telah diaduk. Sampel diambil pada waktu pengadukan 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, dan 120 menit. Sampel lalu diendapkan selama 24 jam lalu disaring dan selanjutnya dapat diuji parameter COD dan warnanya.

B. Adsorpsi

Pada Adsorpsi digunakan arang batok kelapa yang telah teraktivasi dengan variasi massa 50, 100 dan 200 gram serta waktu pengadukan 15, 30, 60, 120 dan 180 menit dengan kecepatan pengadukan 60 rpm.

Langkah kerja pada proses adsorpsi arang batok kelapa yaitu dimulai dari pengayakan arang dengan menggunakan ayakan mesh 8 kemudian dilanjutkan dengan proses aktivasi arang dengan merendamnya ke dalam larutan HCl 20% selama 24 jam dan dikeringkan di oven selama 24 jam. Proses adsorpsi bersifat *batch* dan arang batok kelapa yang digunakan adalah arang aktif komersil berbentuk granul yang dijual di PT. Brataco Chemica.

C. Kombinasi

Proses pengolahan dengan kombinasi dilakukan dengan sistem seri. Limbah terlebih dahulu diolah dengan cara adsorpsi dengan massa arang batok kelapa yang memiliki nilai efisiensi penyisihan tertinggi serta waktu pengadukan terbaik. Setelah diolah dengan adsorpsi, limbah disaring untuk kemudian diolah dengan metode fenton dengan massa $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ efektif dan waktu pengadukan selama 120 menit. Sampel diambil dengan variasi waktu 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90 dan 120 menit.

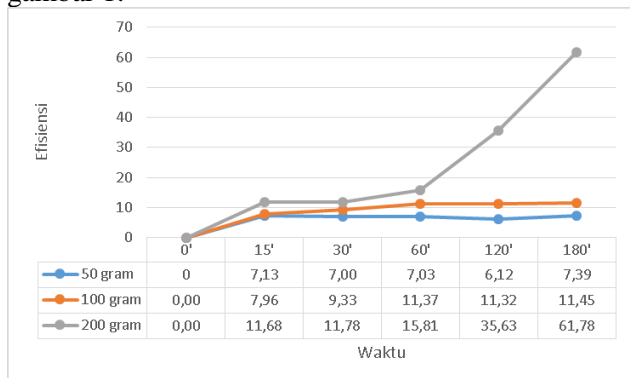
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Efisiensi dan Dosis Optimum dengan Metode Adsorpsi

Efisiensi hasil pengolahan limbah artifisial dengan metode adsorpsi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

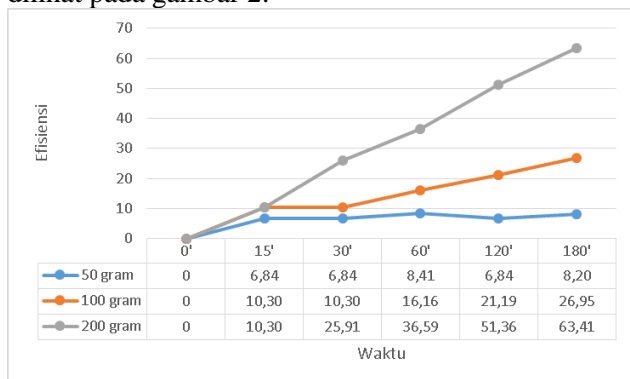
| No. | Massa Arang Batok Kelapa | Waktu Kontak (menit) | Efisiensi Penurunan Warna (%) | Efisiensi Penurunan Kadar COD (%) |
|-----|--------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. | 50 gram | 15 | 7,13 | 6,84 |
| | | 30 | 7,00 | 6,84 |
| | | 60 | 7,03 | 8,41 |
| | | 120 | 6,12 | 6,84 |
| | | 180 | 7,39 | 8,20 |
| 2. | 100 gram | 15 | 7,96 | 10,30 |
| | | 30 | 9,33 | 10,30 |
| | | 60 | 11,37 | 16,16 |
| | | 120 | 11,32 | 21,19 |
| | | 180 | 11,45 | 26,95 |
| 3. | 200 gram | 15 | 11,68 | 10,30 |
| | | 30 | 11,78 | 25,91 |
| | | 60 | 15,81 | 36,59 |
| | | 120 | 35,63 | 51,36 |
| | | 180 | 61,78 | 63,41 |

Grafik kenaikan efisiensi pengolahan dengan adsorpsi terhadap parameter warna dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Efisiensi Pengolahan Warna dengan Metode Adsorpsi

Untuk grafik kenaikan efisiensi pengolahan dengan adsorpsi terhadap parameter COD dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Efisiensi Pengolahan COD dengan Metode Adsorpsi

Dari data efisiensi yang telah didapat dan berdasarkan pada gambar 1 dan 2, diperoleh kesimpulan bahwa pengolahan dengan metode adsorpsi terhadap limbah artifisial *Indigosol Yellow* memiliki nilai efisiensi yang tidak lebih dari 70%. Efisiensi penyisihan warna sebesar 61,78% dan efisiensi penyisihan COD sebesar 63,41%. Massa arang efektif adalah sebanyak 200 gram dengan waktu pengadukan selama 180 menit.

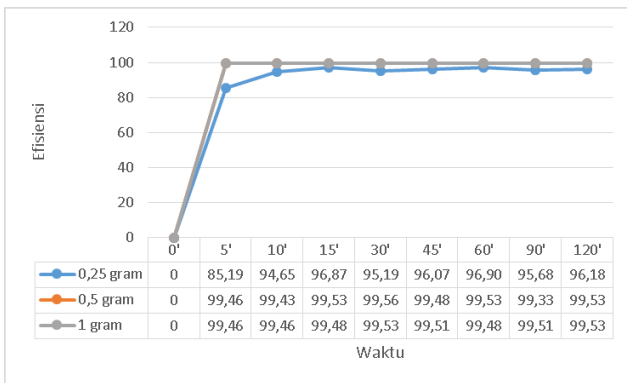
Dapat disimpulkan bahwa banyaknya massa arang kelapa yang diberikan akan menghasilkan efisiensi yang baik pula, dan berbanding lurus dengan waktu kontak. Namun pada proses adsorpsi, adsorban suatu saat akan jenuh sehingga tidak dapat digunakan kembali. Ini adalah ketika telah terjadi kesetimbangan dimana proses adsorpsi akan sama dengan desorpsi (Droste, 1997).

3.2 Efisiensi dan Dosis Optimum dengan Metode Fenton

Efisiensi hasil pengolahan limbah artifisial *Indigosol Yellow* dengan metode fenton dapat dilihat pada tabel berikut ini.

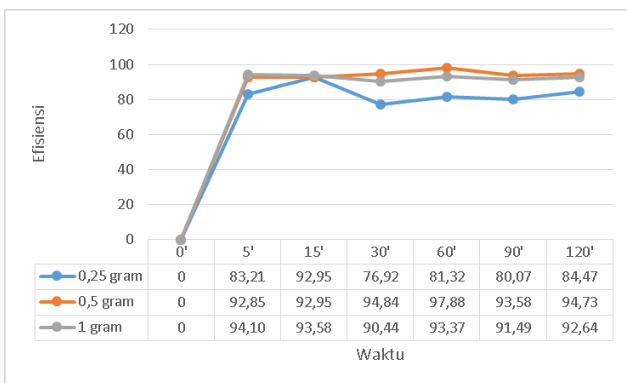
| No | Dosis H ₂ O ₂ | Dosis FeSO ₄ .7H ₂ O | Waktu Kontak (menit) | Tinggi Endapan (cm) | Efisiensi Penurunan Warna (%) | Efisiensi Penurunan Kadar COD (%) | | | |
|-----|-------------------------------------|--|----------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------|-------|-------|
| 1 | 1 ml | 0,25 gram | 5 | 0,7 | 85,19 | 83,21 | | | |
| | | | 10 | 0,7 | 94,65 | - | | | |
| | | | 15 | 0,7 | 96,87 | 92,95 | | | |
| | | | 30 | 0,7 | 95,19 | 76,92 | | | |
| | | | 45 | 0,7 | 96,07 | - | | | |
| | | | 60 | 0,7 | 96,90 | 81,32 | | | |
| | | | 90 | 0,6 | 95,68 | 80,07 | | | |
| | | | 120 | 0,6 | 96,18 | 84,47 | | | |
| | | | 2 | 1 ml | 0,5 gram | 5 | 1,3 | 99,46 | 92,85 |
| | | | | | | 10 | 1,3 | 99,43 | - |
| | | | | | | 15 | 1,35 | 99,53 | 92,95 |
| | | | | | | 30 | 1,3 | 99,56 | 94,84 |
| 45 | 1,3 | 99,48 | | | | - | | | |
| 60 | 1,3 | 99,53 | | | | 97,88 | | | |
| 90 | 1,3 | 99,33 | | | | 93,58 | | | |
| 120 | 1,3 | 99,53 | | | | 94,73 | | | |
| 3 | 1 ml | 1 gram | 5 | 1,7 | 99,46 | 94,10 | | | |
| | | | 10 | 1,65 | 99,46 | - | | | |
| | | | 15 | 1,65 | 99,48 | 93,58 | | | |
| | | | 30 | 1,6 | 99,53 | 90,44 | | | |
| | | | 45 | 1,5 | 99,51 | - | | | |
| | | | 60 | 1,4 | 99,48 | 93,37 | | | |
| | | | 90 | 1,4 | 99,51 | 91,49 | | | |
| | | | 120 | 1,4 | 99,53 | 92,64 | | | |

Grafik efisiensi pengolahan limbah dengan metode fenton terhadap parameter warna dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Efisiensi Pengolahan Warna dengan Metode Fenton

Untuk grafik pengolahan limbah terhadap parameter COD dapat dilihat pada gambar 4.



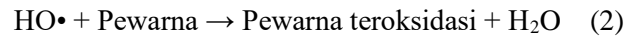
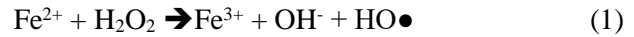
Gambar 4. Grafik Efisiensi Pengolahan COD dengan Metode Fenton

Berdasarkan hasil gambar 3 dan 4 diketahui bahwa efisiensi pengolahan limbah artifisial *Indigosol Yellow* dengan metode fenton memiliki nilai yang tinggi dengan nilai efisiensi pengolahan COD tertinggi diperoleh pada zat warna *Indigosol Yellow* pada penambahan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan dosis 0,5 gram dengan efisiensi mencapai 97,9% pada menit ke 60. Selain itu efisiensi pengolahan warna tertinggi terjadi pada penambahan 0,5 gram $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pada waktu pengolahan selama 30 menit. Namun dosis efektif yang digunakan adalah 1 gram $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ karena hasil pengolahannya lebih stabil dan memiliki nilai penyimpangan yang lebih kecil daripada dengan penambahan 0,5 gram $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. namun terdapat endapan pada akhir pengolahan, pengendapan disebabkan oleh adanya ion Fe^{3+} seperti tertera pada persamaan (1). Tinggi endapan yang dihasilkan bergantung dari banyaknya $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang diberikan.

Pada *Indigosol Yellow* dengan fenton, konsentrasi COD dan nilai warna terdegradasi sangat baik. Hal ini diindikasikan dapat terjadi karena radikal hidroksil yang terbentuk pada menit awal pengolahan cukup banyak dan kuat untuk mendegradasi senyawa organik dengan tidak selektif. Adanya tingkat konstan

untuk reaksi ion besi dengan hidrogen peroksida (H_2O_2) sendiri adalah tinggi yang memungkinkan menghasilkan penurunan lebih stabil, dan memberi keuntungan dengan meningkatnya biodegradabilitas selama proses (Tisa et al., 2014).

Menurut Bismo (2006) Campuran antara peroksida (H_2O_2) dengan ion fero atau Fe (II) atau besi (II) dapat menghasilkan radikal hidroksil seperti reaksi (1) dan (2) berikut



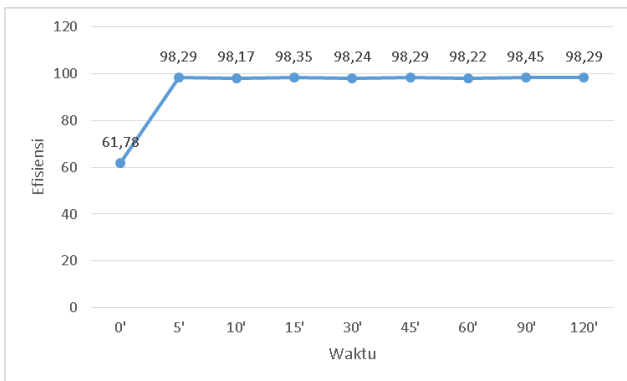
Adanya penambahan Fe^{2+} dan H_2O_2 dapat meningkatkan penurunan nilai COD dan warna. Radikal hidroksil yang terbentuk karena adanya reaksi antara ion besi [II] (Fe^{2+}) dan H_2O_2 menghancurkan molekul-molekul pewarna yang ada menjadi lebih kecil (Fu, Wang, & Tang, 2010).

3.3 Efisiensi dan Dosis Optimum dengan Kombinasi Metode Adsorpsi dan Fenton

Pada tahap ini, pengolahan dilakukan dengan cara seri, diawali dengan mengolah limbah dengan metode adsorpsi selanjutnya dengan fenton. Pada tahap adsorpsi, digunakan 200 gram arang batok kelapa dan waktu pengadukan selama 180 menit. Pada fenton, digunakan 1 gram $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan sampel diambil berdasarkan variasi waktu 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90 dan 120 menit. Hasil uji dari kombinasi dapat dilihat pada tabel berikut.

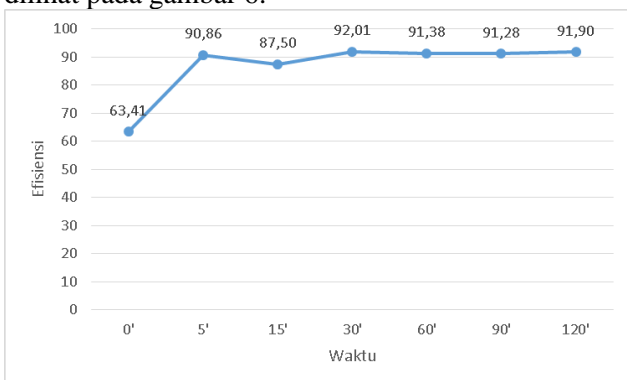
| No | Massa Arang Batok Kelapa | Dosis Fenton | Waktu (menit) | Tinggi Endapan (cm) | Efisiensi Penurunan Warna (%) | Efisiensi Penurunan COD (%) |
|----|--------------------------|--|---------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 1. | 200 gram | 1 ml H_2O_2 + 1 gram $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 5 | 0,3 | 98,29 | 90,86 |
| 2. | | | 10 | 0,3 | 98,17 | - |
| 3. | | | 15 | 0,3 | 98,35 | 87,50 |
| 4. | | | 30 | 0,3 | 98,24 | 92,01 |
| 5. | | | 45 | 0,3 | 98,29 | - |
| 6. | | | 60 | 0,3 | 98,22 | 91,38 |
| 7. | | | 90 | 0,3 | 98,45 | 91,28 |
| 8. | | | 120 | 0,3 | 98,29 | 91,90 |

Dari hasil pada tabel di atas, dapat dibuat grafik efisiensi warna dan COD hasil pengolahan dengan metode kombinasi. Grafik efisiensi warna dapat dilihat pada gambar 5.



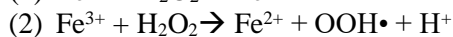
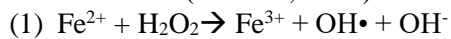
Gambar 5. Grafik Efisiensi Pengolahan Warna dengan Kombinasi Metode

Untuk grafik efisiensi pengolahan COD dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Efisiensi Pengolahan COD

Dari hasil dapat disimpulkan bahwa pengolahan dengan kombinasi dari kedua metode tidak memiliki nilai efisiensi sebaik pengolahan dengan metode fenton saja. Selain itu, tinggi endapan yang terdapat pada akhir proses kombinasi tidak setinggi tinggi endapan yang terdapat pada pengolahan fenton saja dengan penambahan 1 gram $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Hal ini bisa jadi dikarenakan oleh limbah yang telah diolah terlebih dahulu dengan proses adsorpsi sehingga memiliki nilai pencemar COD dan warna yang telah turun sebanyak 60%. Fe^{3+} yang telah terbentuk dan warna yang telah terpecah kembali berikatan sehingga membentuk Fe^{2+} kembali sesuai dengan persamaan berikut (Hussain, 2011):



4. Kesimpulan

Efisiensi terbaik berada pada pengolahan dengan metode fenton saja, dengan efisiensi penyisihan warna sebesar 99,56% untuk waktu pengadukan selama 30 menit dan efisiensi penyisihan COD sebesar 97,88% pada waktu pengadukan selama 60 menit dengan penambahan 0,5 gram $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. E., Kurnia, L., Novilasari, D. (2015). *Penggunaan Reagen Fenton dan Adsorpsi Terhadap Penurunan Kadar COD pada Air Limbah Pencucian Biji Kopi*. Palembang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
- Bismo, S. *Teknologi Radiasi Sinar Ultra- Ungu (UV) Dalam Rancang Bangun Proses Oksidasi Lanjut Untuk Pencegahan Pencemaran Air dan Fase Gas*. Jakarta : Universitas Indonesia 2006.
- Droste, Ronald L. 1997. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. Canada: John Wiley & Sons, Inc
- Hussain, S., Shaikh, S., & Farooqui, M. (2011). *Chemical Oxygen Demand (COD) Reduction of Aqueous Active Pharmaceutical Ingredient of Isorobide 5-Mononitrate Waste Water Streams by Advanced Oxidation-Fenton Process based on $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ Salt*. Applied Science Research, 169-173.
- 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.
- 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.
- Suparno. 2011. *Degradasi Zat Warna Indigosol Dengan Metode Oksidasi Katalitik Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi Dan Ozonasi* (Tesis). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Depok.
- Wardiyati, S., Dewi, S. H. & Fisli, A. *Dekolorisasi Limbah Industri Batik Menggunakan Proses Fenton dan Foto Fenton*. Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN)-BATAN 2012. 14(2), pp. 131-135.