

## PENGOLAHAN LIMBAH *LAUNDRY* DENGAN METODE FENTON

Oki Setiawan\* dan Esty Qorry Widayanti

Universitas Muhammadiyah Gresik, Jl. :Sumatera No. 101 GKB Gresik, Jawa Timur, Indonesia,  
61121

\*corresponding author: [okisetiawan@umg.ac.id](mailto:okisetiawan@umg.ac.id)  
[estyqorry01@gmail.com](mailto:estyqorry01@gmail.com)

**ABSTRAK :** Saat ini penggunaan detergen semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk setiap tahunnya, serta berkembang pesatnya usaha rumah tangga, termasuk jasa laundry. Deterjen adalah bahan kimia yang mengandung surfaktan, digunakan sebagai bahan pembersih rumah tangga, industri, dll. Air limbah laundry mengandung fosfat, amonia, nitrogen dan Total Suspended Solid (TSS), Turbidity dan kebutuhan Biological Oxygen Demand (BOD). dan kebutuhan Chemical Oxygen Demand (COD) dengan konsentrasi yang tinggi. Tujuan pengolahan limbah adalah untuk menghilangkan kontaminan dari limbah, baik industri maupun domestik. Metode Fenton merupakan salah satu kebaruan teknologi Advance Oxidation Process (AOPs), dimana pada reaksi fenton akan terbentuk gugus radikal hidroksil yang dapat mendegradasi polutan organik dan anorganik yang terkandung dalam limbah cair. Hasil penelitian pengolahan limbah cair *laundry* dengan metode Fenton pada perbandingan rasio  $H_2O_2/COD$  memberikan efisiensi penyisihan COD tertinggi terjadi pada rasio 10:1 (g/g) dengan presentase penyisihan sebesar 78%, sedangkan untuk perbandingan rasio  $H_2O_2/Fe^{2+}$  memberikan efisiensi penyisihan COD tertinggi terjadi pada rasio 5:1 (g/g) dengan presentase penyisihan sebesar 84%. Menurut hasil pengolahan limbah cair *laundry* dengan metode fenton yang telah dilakukan, bahwa efektivitas reaksi pada fenton dipengaruhi oleh perbandingan rasio  $H_2O_2/COD$  dan perbandingan rasio  $H_2O_2/Fe^{2+}$

**Kata kunci :** *Advanced Oxidation Prose*; Fenton; limbah *laundry*; pengolahan limbah,

**ABSTRACT :** Currently, the usage of detergent has grown over time due to the increasing in people population and the quick expansion of businesses in residential areas, one of which is the laundry service industry. Detergent is a cleaning product with surfactants that is used in industrial, domestic, and other washing applications. High quantities of phosphate, ammonia, nitrogen, and Total Suspended Solid (TSS), as well as turbidity, Biological Oxygen Demand (BOD), and chemical oxygen demand (COD) are found in the waste water produced by laundry activities. The Fenton technique is one of the advancements of the Advance Oxidation Process (AOPs) technology. In the Fenton method, hydroxyl radical groups are created by a reaction between hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) and ferrous ion  $Fe^{2+}$  that can oxidize both organic and inorganic molecules in wastewater. According to study on laundry wastewater treatment using the Fenton technique, the highest COD removal efficiency was found at a ratio of 10:1 (g/g), with a removal percentage of 78% while the COD removal efficiency was found for the comparison of the  $H_2O_2/Fe^{2+}$  ratio. the greatest occurred at a 5:1 (g/g) ratio with an 84% elimination rate. In conclusion, the  $H_2O_2/COD$  ratio and the  $H_2O_2/Fe^{2+}$  ratio have an impact on how well the reaction on the Fenton works according to the results of the Fenton method used to treat the laundry wastewater.

**Keywords :** Advanced Oxidation Process; Fenton; laundry wastewater; waste treatment.

## 1. PENDAHULUAN

Masifnya perkembangan teknologi saat ini mengakibatkan tingginya tuntutan pada masyarakat untuk melakukan kegiatan dengan praktis dan cepat, dengan bantuan teknologi kita dapat memperingan pekerjaan kita termasuk dalam mencuci pakaian sehingga peluang ini dimanfaatkan oleh para pebisnis untuk membangun usaha laundry dimana dengan adanya usaha laundry ini dapat membuat kegiatan mencuci pakaian menjadi lebih praktis dan cepat. Data yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup menuturkan bahwasannya lebih dari 50% bisnis laundry tidak melakukan pengolahan limbah cair serta belum memiliki instalasi pengolahan limbah cair, yang menyebabkan air limbah yang dihasilkan langsung dibuang ke lingkungan dan ini sangat berbahaya jika tidak segera ditangani. Detergen memiliki salah satu kandungan utama yaitu *Dodecyl Benzene Sulfonate* (DBS) yang menjadi salah satu penyebab terbentuknya busa – busa pada detergen. Detergen juga memiliki sifat dispersif, didalam detergen terdapat 25 bahan yang berbeda dan dibagi menjadi tiga bagian yaitu surfaktan, zat pembentuk, zat pemutih dan aditif. Setiap bagian memiliki kegunaan masing - masing dalam detergen saat proses pencucian. Selain itu limbah cair laundry juga mengandung fosfat, amonia, nitrogen, dan *Total Suspended Solid* (TSS), *Turbidity*, *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi.

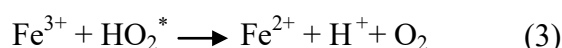
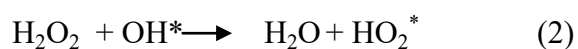
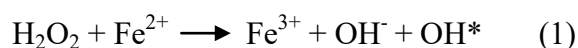
Dalam Keputusan Gubernur JATIM Nomor 72 Tahun 2013 menyebutkan tentang persyaratan baku mutu air limbah industri laundry dan diantara karakteristik limbah laundry sebagian besar melebihi baku mutu yang sudah disyaratkan sehingga sangat perlu untuk dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Fosfat merupakan salah satu bahan aktif yang ada didalam detergen senyawa ini berasal dari sodium tripolifosfat ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) yang terhidrolisis menjadi ortofosfat yang

dibutuhkan oleh tanaman dan merupakan salah satu bahan dalam detergen berkualitas [6]. Bahan – bahan kimia didalam detergen akan terikut didalam sisa air cucian sehingga sisa air cucian tersebut dapat mencemari perairan atau dapat menurunkan kualitas air ketika dibuang tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

*Advanced Oxidation Processes* (AOPs) merupakan metode oksidasi lanjutan yang saat ini banyak digunakan untuk mengolah limbah cair seperti limbah laboratorium, tekstil, urea yang berasal dari industri, dan limbah domestik. AOPs dengan metiide fenton yang menghasilkan hidroksil radikal memiliki kelebihan dapat mendegradasi senyawa - senyawa organik, dan juga mendegradasi kandungan senyawa - senyawa turunan yang terbentuk selama proses oksidasi berlangsung [9].

Saat ini AOPs merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan serta diteliti untuk mengolah berbagai jenis limbah cair, beberapa jenis AOPs berdasarkan pada pembentukan radikal OH yaitu melalui reaksi kimia, fotokimia, sonokimia, atau elektrokimia, AOP kimia tertua dan paling banyak digunakan adalah metode fenton hal ini karena fenton merupakan metode yang paling efektif diterapkan untuk mendegradasi polutan pada air limbah dan mengubahnya menjadi produk yang lebih sedikit bahkan tidak beracun, sehingga memberika solusi untuk pengolahan air limbah [4]. Proses Fenton merupakan proses oksidasi kimia yang bertujuan untuk mendegredasi senyawa organik dalam air limbah menggunakan  $\text{OH}^*$  yang dihasilkan dari reaksi  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan ion  $\text{Fe}^{2+}$  dengan bantuan Sinar UV ataupun tanpa adanya sinar UV [16]. Proses fenton terjadi karena adanya reaksi yang antara ion besi yang menghasilkan hidroksil radikal yang bisa mengoksidasi senyawa organik dan anorganik (Aditya dkk., 2018). Proses fenton terjadi karena adanya perpindahan elektron hidrogen

peroksida ( $H_2O_2$ ) dan aktivitas dari  $Fe^{2+}$  sebagai katalis. Proses oksidasinya berdasarkan pada campuran reagen fenton yang berisi larutan  $H_2O_2$  yang digunakan sebagai sumber radikal hidroksil dan katalis  $FeSO_4$  pada kondisi pH asam, pada kondisi mencapai baku mutu yang diperbolehkan, jika proses fenton dapat mengoksidasi senyawa organik dalam air limbah dengan optimal, sehingga polutan tersebut dapat terdegradasi menjadi senyawa karbondioksida ( $CO_2$ ) dan air ( $H_2O$ ) [14].



Reaksi fenton yang berlangsung menunjukkan bahwa pada proses fenton terdapat pembentukan ion  $Fe^{2+}$  menjadi ion  $Fe^{3+}$  ataupun sebaliknya. Ion besi ini memiliki fungsi sebagai katalis yang mempercepat terbentuknya radikal hidroksil dari  $H_2O_2$  [5]. Reaksi yang terjadi pada proses Fenton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu Pengaruh pH, dimana Reaksi Fenton terjadi pada kondisi asam hal ini dapat dilihat dengan adanya  $H^+$  pada reaksi 3. pH juga merupakan salah satu yang berperan penting dalam pembentukan  $OH^*$ . Dari penelitian terdahulu pH optimal terjadi pada kisaran pH 2-6, atas dasar tersebut pada penelitian ini disetting pada pH 3 dengan menambahkan  $HNO_3$  [14]. Faktor yang kedua yaitu, Pengaruh rasio  $H_2O_2/Fe^{2+}$ , Pada proses fenton ini katalisator yang dipakai adalah  $FeSO_4$ . Jumlah  $FeSO_4$  yang ditambahkan harus diketahui dengan optimal karena kelebihan jumlah katalis akan mengakibatkan meningkatnya biaya pengolahan limbah dan meningkatnya jumlah besi yang terikat pada air limbah, sangat memungkinkan untuk menimbulkan masalah baru dikemudian hari. Faktor lain yang perlu diperhatikan yaitu Pengaruh rasio  $H_2O_2/COD$  Hidrogen Peroksida merupakan salah satu reagen Fenton yang berperan

sangat penting dalam pembentukan radikal hidroksil. Dosis reagen Fenton yang optimal sangat penting untuk diketahui karena  $H_2O_2$  yang berlebihan bisa menyebabkan  $H_2O_2$  akan terurai cepat menjadi  $H_2O$  dan  $O_2$  sehingga jumlah  $OH^*$  yang terbentuk akan menurun. Selain itu juga menaikkan biaya pengolahan air limbah, sebaliknya jika jumlah  $H_2O_2$  tidak terpenuhi maka radikal hidroksil untuk proses fenton juga tidak akan terpenuhi dalam mendegradasi polutan dalam air limbah. Dosis  $H_2O_2$  yang diberikan sangat dipengaruhi oleh kadar COD awal limbah cair. Semakin tinggi Kadar COD awal limbah cair menyebabkan tingginya kebutuhan dosis  $H_2O_2$ , untuk menghindari biaya pembelian  $H_2O_2$  yang mahal maka dosis optimum  $H_2O_2$  harus ditentukan dengan baik [13].

## 2. PERCOBAAN

### 2.1. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini Limbah Cair Laundry yang diperoleh dari salah satu bisnis laundry di kabupaten Gresik, Jawa Timur, Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ) 50%, Besi (II) Sulfat ( $FeSO_4$ ), Asam Nitrat ( $HNO_3$ ).

Untuk alat penelitian yang digunakan meliputi Beaker Glass, Reaktor COD, Buret, Erlenmeyer, pipit ukur, dan bola hisap.

### 2.2. Metode

#### 2.2.1. Proses Fenton

Sebelum menganalisa, sampel limbah laundry dikeluarkan dari dalam kulkas, tujuannya agar suhu limbah laundry sama dengan suhu lingkungan sekitar. Lalu limbah laundry dituang ke dalam beaker glass sebanyak 1000 mL untuk dilakukan analisis fenton, limbah Laundry diatur pada pH 3 dengan menggunakan  $HNO_3$  0,1 M, setelah pH sesuai dilakukan pengadukan dengan kecepatan 500 rpm, ditambahkan  $FeSO_4$  pada rasio 5:1; 10:1; dan 15:1 dan setelah homogen ditambahkan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) pada rasio 2,125:1; 10:1;

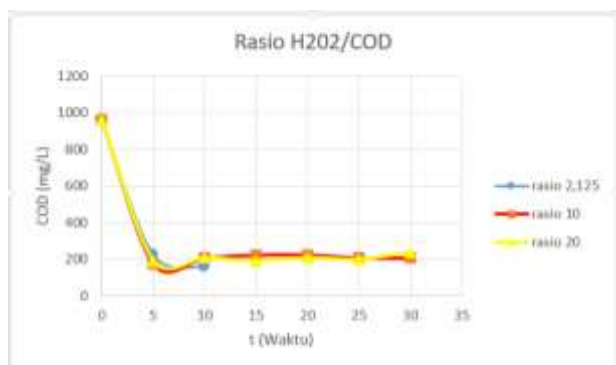
dan 20:1. Cuplikan sampel diambil setiap rentang 5 menit selama 30 menit dan dilakukan cara tersebut berulang pada rasio yang berbeda.

### 2.2.2. Proses Analisa COD

Proses analisa COD dilakukan berdasarkan SNI 6989.73\_2009 dengan metode reflux tertutup.

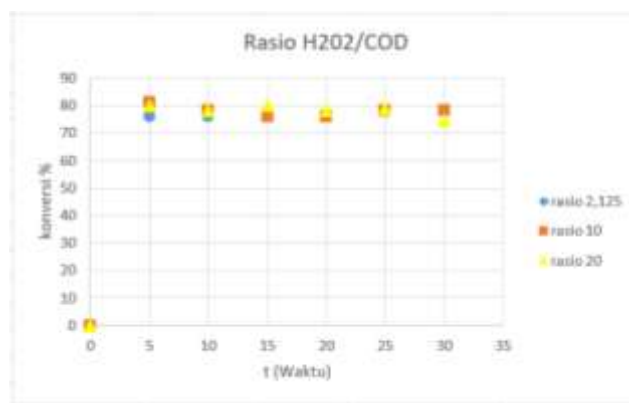
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengaruh Rasio $H_2O_2$ /COD



**Gambar 1.** Penurunan COD limbah setiap waktu pada berbagai rasio  $H_2O_2$ /COD

Proses fenton dimulai dengan memvariasikan rasio  $H_2O_2$ /COD, rasio yang pertama kali digunakan adalah rasio 2,125:1 (g/g), rasio ini merupakan rasio standar yang diperoleh dari perhitungan stokiometri dimana rasio ini secara teoritis dapat digunakan untuk menghilangkan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) keseluruhan pada air limbah [2]. Biasanya efisiensi limbah organik meningkat dengan meningkatnya konsentrasi  $H_2O_2$  [10]. Namun,  $H_2O_2$  tidak bisa ditambahkan tanpa batasan apapun, karena  $H_2O_2$  yang berlebih tidak hanya dapat meningkatkan biaya operasional, tetapi dapat memangkas OH terhadap  $H_2O_2$  yaitu mempengaruhi efisiensi dalam degradasi keseluruhan pada proses fenton [7]. Berdasarkan hasil penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi rasio  $H_2O_2$ /COD terhadap limbah laundry diperoleh grafik hubungan antara efisiensi penurunan COD (%) dengan waktu ditunjukkan pada Gambar 1



**Gambar 2.** Efisiensi penurunan COD limbah setiap waktu pada berbagai rasio  $H_2O_2$ /COD

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 efisiensi pada penyisihan nilai COD meningkat pada nilai rasio  $H_2O_2$ /COD. Efisiensi penyisihan COD tertinggi terjadi pada rasio 10:1 (g/g) dengan presentase penyisihan sebesar 78%, pada rasio 2.125:1 (g/g) dan 20:1 (g/g) efisiensi penyisihan lebih rendah karena diperoleh masing-masing sebesar 76% dan 75%. Efisiensi penurunan pada rasio 10:1 (g/g), dengan rasio stokiometrinya 2,125:1 (g/g) menunjukkan bahwa rasio yang optimal perlu diketahui agar jumlah radikal hidroksil yang dibutuhkan untuk mendegradasi polutan dalam air limbah dapat terpenuhi. Kurangnya  $H_2O_2$  dapat menyebabkan tidak terpenuhinya kebutuhan radikal hidroksil ( $OH^*$ ) pada limbah [12]. Sedangkan untuk rasio  $H_2O_2$ /COD 20 (g/g) terjadi penurunan efisiensi pendegradasian polutan dalam air limbah sehingga dapat dilihat bahwa proses oksidasi tidak selalu meningkat ketika dosis  $H_2O_2$  semakin tinggi, sehingga diperlukan penentuan dosis optimum agar dosis dari reagen fenton yang diberikan dapat sesuai dengan kebutuhannya [3]. Selain itu dosis  $H_2O_2$  yang berlebih juga tidak dianjurkan hal ini dapat mengganggu proses analisis *Chemical Oxygen Demand* dengan menggunakan reflux tertutup SNI 6989.73\_2009, karena sisa  $H_2O_2$  akan bereaksi dengan kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) sehingga mengakibatkan meningkatnya jumlah senyawa organik yang terkandung pada sampel limbah cair laundry yang akan diuji

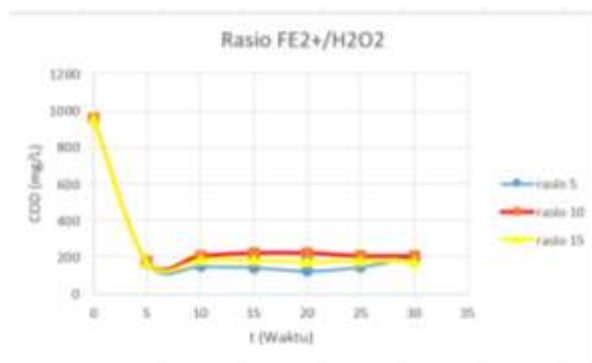
[8]. Untuk rentang nilai rasio  $H_2O_2/COD$  yang digunakan pada penelitian ini, ditemukan bahwa konsentrasi  $H_2O_2$  yang optimal adalah rasio 10 (g/g) yang merupakan rasio tertinggi terhadap penyisihan nilai COD.

### 3.2. Pengaruh Rasio $H_2O_2/Fe^{2+}$

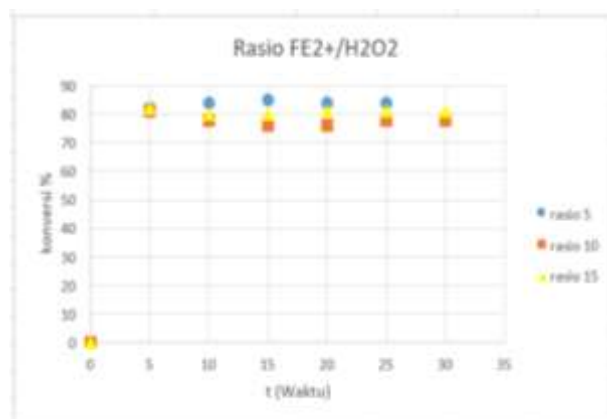
Tahapan Penelitian selanjutnya yaitu dilakukan analisa untuk mengetahui perbandingan rasio  $H_2O_2/Fe^{2+}$ . Dari hasil penelitian sebelumnya dilakukan variasi perbandingan rasio  $H_2O_2/Fe^{2+}$  untuk mengetahui pengaruh penambahan  $FeSO_4$  [5]. Dosis konsentrasi ion besi  $Fe^{2+}$  juga penting karena perannya sebagai katalis, dalam penelitian ini  $H_2O_2/Fe^{2+}$  divariasikan dengan tiga nilai rasio sebesar 5:1; 10:1, 20:1 (g/g) pada kondisi pH 3 dengan rasio  $H_2O_2/COD$  sebesar 10:1 (g/g).  $Fe^{2+}$  mengkatalis dekomposisi  $H_2O_2$  untuk menghasilkan OH radikal yang sangat oksidatif yang dapat mendegradasi sebagian besar polutan organik pada limbah, biasanya efisiensi degradasi polutan organik meningkat dengan meningkatnya konsentrasi  $Fe^{2+}$  [15], namun, katalis  $Fe^{2+}$  tidak bisa ditambahkan tanpa batasan, karena menurut peneliti sebelumnya  $Fe^{2+}$  yang berlebih tidak hanya meningkatkan biaya operasional nya saja, tetapi dan meningkatkan produksi lumpur besi dan dapat memangkas OH oleh  $Fe^{2+}$  yaitu menyebabkan  $Fe^{2+}$  habis sebelum OH radikal dalam proses hilang, yang memiliki efek kurang baik pada degradasi polutan organik [11]. Untuk mendapatkan rasio optimal untuk menghilangkan polutan pada limbah, diperlukan perhitungan rasio  $H_2O_2/Fe^{2+}$  yang tepat. Berdasarkan hasil penelitian variasi rasio  $H_2O_2/Fe^{2+}$  terhadap limbah laundry dapat diperoleh grafik hubungan antara efisiensi penurunan COD (%) dengan waktu ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 4 menunjukkan efisiensi pada penyisihan nilai COD meningkat pada nilai rasio  $H_2O_2/Fe^{2+}$ . Efisiensi penyisihan COD

tertinggi terjadi pada rasio 5:1 (g/g) dengan presentase penyisihan sebesar 84%, pada rasio 10:1 (g/g) dan 15:1 (g/g) efisiensi penyisihan lebih rendah karena diperoleh masing-masing sebesar 78% dan 80%.



**Gambar 3.** Penurunan COD limbah setiap waktu pada berbagai rasio  $H_2O_2/Fe^{2+}$



**Gambar 4.** Efisiensi penurunan COD limbah setiap waktu pada berbagai rasio  $H_2O_2/Fe^{2+}$

Efisiensi penurunan pada rasio 10 dan 15 menunjukkan bahwa terjadi penurunan presentase karena banyaknya residu Fe yang terlarut, Hal ini juga sesuai dengan peneliti sebelumnya yang dilakukan oleh [1] tentang Pengaruh Penambahan Reagen Fenton Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Tekstil *Methyl Orange* bahwa tingginya konsentrasi Fe yang dimasukkan akan menimbulkan kekeruhan yang kurang baik, karena banyaknya kandungan Fe yang terlarut, sehingga menghasilkan endapan residu Fe yang terlalu banyak dan mempengaruhi efisiensi pengolahan. Sedangkan

perbandingan rasio 5:1 (g/g) menghasilkan penyisihan kekeruhan yang lebih baik dibandingkan dengan rasio 10:1 dan 15:1, hal ini menunjukkan bahwa perbandingan rasio  $H_2O_2/Fe^{2+}$  5:1 bekerja maksimal untuk menghasilkan  $OH^*$  yang dapat bereaksi serta mengoksidasi senyawa organik pada limbah. Menurut [16] untuk menghasilkan pengolahan limbah yang optimum, kombinasi antara  $H_2O_2/Fe^{2+}$  dalam proses fenton harus seimbang.

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini didapatkan rasio optimal untuk pengolahan limbah cair laundry dengan metode fenton yaitu pada rasio  $H_2O_2/COD$  10:1 (g/g) dan rasio  $H_2O_2/Fe^{2+}$  5:1 (g/g) dengan efisiensi pengolahan mencapai 84%. Dengan demikian dapat disimpulkan pengolahan limbah cair laundry dengan metode fenton layak untuk dipertimbangkan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Achmad F. Pengaruh Penambahan Reagen Fenton Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Methyl Orange Terkatalis  $TiO_2$ . Universitas Airlangga Surabaya. 2011.
- [2] Collvignarelli M. C., Pedrazzani R., Sorlini R., Abba A., Bertanza G.  $H_2O_2$  Based Oxidation Processes For The Treatment Of Real High Strength Aqueous Wastes. Sustainability Switzerland, 9(2), 1-14. 2017
- [3] Cortez S., Teixeira P., Oliveira R., Mota M. Evaluation Of Fenton And Ozone-Based Advanced Oxidation Processes As Mature Landfill Leachate Pre-Treatments. Journal Of Environmental Management 92, 149-755. 2011.
- [4] Deng Y., Zhao R. Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Wastewater Treatment. Curr Pollution Rep 1:167-176. 2015.
- [5] Fauzi A. R., Agung T. R. Kombinasi Fenton Dan Fotokatalis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Batik. Jurnal Envirotek 10 (1). 2018.
- [6] Hakim L. Pengolahan Limbah Laundry Dengan Menggunakan Tanaman Kenaf (*Hibiscus Cannabinus* L.). Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya. 2016.
- [7] Hu C., Huang D., Zeng G., Cheng M., Gong X., Wang R., Xue W., Hu Z., Liu Y. The Combination Of Fenton Process And Phanerochaete Chrysosporium For The Removal Of Bisphenol A In River Sediments: Mechanism Related To Extracellular Enzyme, Organic Acid And Iron. Chemical Engineering Journal 338, 432-439. 2018.
- [8] Kang S. F., Liao C. H., Chen M. C. Pre-Oxidation And Coagulation Of Textile Wastewater By Fenton Process. Chemosphere 46 923-928. 2002.
- [9] Lesa W. S., Ali M., Rosariawari F. Proses Foto Fenton Dalam Reaktor Resirkulasi Untuk Menyisihkan Beban Pencemar Pada Lindi. Jukung Jurnal Teknik Lingkungan, 6 (1): 54-65, 2020.
- [10] Li X., Chen S., Angelidaki I., Zhang Y. Bio-Electro-Fenton Processes For Wastewater Treatment: Advances And Propects. Chemical Engineering Journal. 2018.
- [11] Panizza M., Cerisola G. Electro-Fenton Degradation Of Synthetic Dyes. Water Research 43, 339-344. 2009.
- [12] Putri F. A., Sarto., Yuliansyah A. T. Pengaruh Variaasi Rasio  $H_2O_2/COD$  Dan Tegangan Terhadap Penurunan COD Air Limbah Rumah Sakit Dengan Metode Elektro – Fenton. Jurnal Chemurgy, 04 ( 02). 2019.
- [13] Setiawan O., Sarto., Cahyono R. B. Pengaruh pH Dan Rasio  $COD/H_2O_2$  Terhadap Penurunan COD Pada Limbah Cair Rumah Sakit Melalui Metode Fenton. Universitas Gajah Mada Yogyakarta. 2020.
- [14] Tamas I. N. Proses Fenton Pada Pengolahan Lindi TPA Ngipik Gresik.

- Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. 2017.
- [15] Wang Q., Tian S., Ning P. Ferrocene-Catalyzed Heterogeneous Fenton -Like Degradation Of Methylee Blue: Influence Of Initial Solution pH. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 53, 15, 6334-6340. 2014.
- [16] Wardiyati S., Dewi S.H., Fisli A. Dekolorisasi Limbah Industri Batik Menggunakan Proses Fenton Dan Foto Fenton. PTBIN BATAN Serpong. 2012.