

## PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MENGGUNAKAN METODE KOMBINASI KOAGULASI-FLOKULASI (FeCl<sub>3</sub>) dan AOPs (Fe-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

Destina Susanto <sup>\*)</sup>, Arya Rezagama <sup>\*\*)</sup>, Sudarno <sup>\*\*)</sup>

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
JL. Prof. H. Soedarto, S.H Tembalang, Semarang, Indonesia 50275  
email: [destinasusanto@gmail.com](mailto:destinasusanto@gmail.com)

### Abstrak

Limbah dari industri home and personal care memiliki senyawa organik yang tinggi jauh melebihi baku mutu SK Gub No 6 thn 1999. Keberadaan COD, warna dan kekeruhan pada air limbah akan menimbulkan masalah lingkungan yaitu turunnya kualitas badan air penerima. Pengolahan limbah cair menggunakan kombinasi metode koagulasi flokulasi dan teknologi Advanced Oxidation Processes (AOPs) dapat dijadikan sebagai alternatif pengolahan limbah cair industri home and personal care. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode koagulasi flokulasi dengan koagulan FeCl<sub>3</sub> dan teknologi AOPs dengan Fenton (Fe-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dengan tujuan untuk mengetahui dosis optimum dari koagulan FeCl<sub>3</sub> dan menganalisis hasil serta efisiensi pengolahan pada parameter COD, warna, kekeruhan, TSS dan BOD. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan memvariasikan dosis FeCl<sub>3</sub> untuk proses koagulasi, FeSO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan waktu untuk proses AOPs. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis optimum koagulan FeCl<sub>3</sub> berada pada dosis 12 gram/L, pada dosis tersebut nilai COD dapat tersisihkan sebesar 53,35%, nilai warna dapat tersisihkan sebesar 77%, nilai kekeruhan dapat tersisihkan sebesar 34%. Pada proses Fenton variasi yang paling efektif adalah dengan perbandingan FeSO<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>= 2 gram: 3,5 ml, efisiensi COD terbaik adalah 83,91%, efisiensi warna terbaik adalah 77,35 %, efisiensi kekeruhan terbaik adalah 91,46%, efisiensi TSS sebesar 65,71 %, dan efisiensi BOD mencapai 52,85 %.

**Kata kunci:** Limbah cair, Koagulasi, Flokulasi, AOP, Fenton

### Abstract

**[Waste Water Treatment using Combination Coagulation-Flocculation (FeCl<sub>3</sub>) and AOPs (Fe-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)].** Wastewater from home and personal care industry has a high organic compounds that exceeded the quality standard over. Presence COD, color, turbidity, BOD and TSS in wastewater will cause environmental problems which is decrease in the quality of receiving water bodies. Wastewater treatment using a combination of flocculation and coagulation method Technologically Advanced Oxidation Processes (AOPs) can be used as an alternative treatment of industrial wastewater home and personal care. This research was conducted using the method of coagulation-flocculation with FeCl<sub>3</sub> coagulant and technology AOPs with Fenton (Fe-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) in order to determine the optimum dose of coagulant FeCl<sub>3</sub> and analyze the results and efficiency of processing parameters COD, color, turbidity, TSS and BOD. The study was conducted in a laboratory scale with varying doses of FeCl<sub>3</sub>, FeSO<sub>4</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> to process AOPs. The results of the study indicate that the optimum dose of coagulant FeCl<sub>3</sub> is at a dose of 12 g/Lat the dose may be excluded COD value of 53,35%, the value of color can be excluded by 77%, the value of turbidity can be excluded by 34%. In Fenton process variations are most effective with a ratio of FeSO<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>= 2 gram: 3,5 ml, best COD efficiency is 83.91%, best color efficiency is 77.35%, best turbidity efficiency is 91.46%, the efficiency of 65.71% TSS and BOD efficiency reached 52.85%.

**Keywords:** Wastewater, Coagulation, Flocculation, AOPs, Fenton

## 1. Latar Belakang

Perkembangan sektor industri selalu membawa peningkatan konsekuensi timbulan limbah, khususnya limbah cair sebagai output dari kegiatan. Dengan semakin kompleksnya teknologi manufaktur dapat mengakibatkan perubahan kecenderungan komponen yang terbuang dan pada akhirnya akan mengubah karakteristik limbah cair secara keseluruhan. Di sisi lain peraturan baku mutu limbah yang ketat, serta berkurangnya sumber air bersih untuk masyarakat karena pertambahan penduduk, menuntut perhatian yang lebih besar pada efektivitas dan efisiensi pengolahan. Kondisi ini membuka arah baru perkembangan metode pengolahan limbah cair.

Industri *home and personal care* adalah satu industri yang menghasilkan limbah dalam jumlah yang cukup besar. Keberadaan limbah cair industri *home and personal care* jika tidak dikelola dengan baik akan mengganggu lingkungan karena mengandung senyawa organik berkonsentrasi tinggi, memiliki pH yang berada dalam kondisi asam sebesar 5,45, berbau tidak sedap, kekeruhan yang tinggi serta total padatan tersuspensi yang melebihi batas normal. Kandungan kontaminan yang terdapat dalam limbah cair industri *home and personal care* sangat tinggi mencapai 42.800 mg/L untuk Chemical Oxygen Demand (COD), 2.223 mg/L untuk Biological Oxygen Demand (BOD), 3.332 mg/L untuk Total Suspended Solid (TSS), dan 1.565 mg/L untuk konsentrasi warna. Sebelum menuju saluran pembuangan, air buangan limbah harus memenuhi standar air buangan limbah sesuai dengan SK Gubernur Provinsi Jawa Barat Nomor 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat, kemudian parameter warna dan kekeruhan mengacu pada Keputusan Menteri Kesehatan No 907/Menkes/SK/VII/2002, sedangkan parameter Fe tidak tercantum pada kedua

regulasi sebelumnya maka acuan yang dipakai yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. *Pre treatment* yang dipilih adalah menggunakan proses koagulasi flokulasi kemudian dilanjutkan dengan proses AOPs. Proses koagulasi flokulasi dilakukan dengan penambahan  $\text{FeCl}_3$  karena sifatnya yang akan mengion dalam air menjadi kation  $\text{Fe}^{3+}$ . Kation  $\text{Fe}^{3+}$  akan bereaksi sehingga menghasilkan padatan hidroksida logam yang tidak larut dalam air. Sedangkan proses AOPs adalah teknologi paling efektif untuk menghilangkan polutan organik yang terlarut dalam air (Bidga, 1995 dalam (Chamarro, Ed, *et al.*, 2001 )) telah diketahui bahwa senyawa organik dapat dengan sangat mudah dioksidasi (Pignatello, 1992; Walling *et al.*, 1974 dalam (Chamarro, Ed, *et al.*, 2001)).

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian tentang pengolahan limbah cair industri *home and personal care* menggunakan metode koagulasi dengan koagulan  $\text{FeCl}_3$  (*Ferric Chloride*) dan AOPs (Advanced Oxidation Processes) dengan  $\text{FeSO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$  (Fenton).

## 2. Tujuan Penelitian

1. Mengkaji pengaruh variable konsentrasi  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{FeSO}_4$  dan konsentrasi hidrogen peroksida terhadap kadar COD, warna, kekeruhan, TSS dan BOD limbah cair industri *home and personal care* setelah pengolahan
2. kondisi optimum variable konsentrasi  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{FeSO}_4$  dan konsentrasi hidrogen peroksida terhadap kadar COD, warna, kekeruhan, TSS dan BOD limbah cair *home and personal care* setelah pengolahan
  - a.

## 3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan

Universitas Diponegoro untuk mengetahui kondisi pengaruh dan kondisi optimum dari variabel konsentrasi  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  terhadap kadar COD, warna, kekeruhan, TSS, dan BOD dengan teknologi koagulasi sebagai *pre-treatment* dan advanced Oxidation Processes ( $\text{Fe-H}_2\text{O}_2$ ). Sementara itu, variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### a. Variabel Bebas

Pada penelitian ini yang ditetapkan sebagai variabel bebas adalah dosis  $\text{FeCl}_3$  (8 g/L, 10 g/L, 12 g/L, 14 g/L, dan 16 g/L). Dosis  $\text{FeSO}_4$  (2 gram dan 3 gram) pada masing-masing dosis  $\text{FeSO}_4$  diberikan variasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebanyak (2.5 ml; 3 ml; 3.5 ml; 4 ml; 4.5 ml). Serta variasi waktu saat proses fenton, dengan selang waktu sebagai berikut (5; 15; 15; 30; 60; 90; 120) menit.

#### b. Variabel terikat

Pada penelitian variabel terikatnya adalah konsentrasi COD, warna, kekeruhan, TSS, dan BOD.

Penelitian ini terbagi menjadi 3 tahapan, yaitu tahap koagulasi flokulasi, tahap AOPs dan tahap pengaturan pH. Tahap pertama dilakukan uji koagulasi flokulasi menggunakan  $\text{FeCl}_3$  dengan variasi koagulan sebanyak 5 yaitu ( 8g/l; 10g/l; 12g/l; 14g/l dan 16g/l) dengan kecepatan sebesar 250 rpm selama 10 menit dan 50 rpm selama 20 menit. Setelah pengadukan diamkan selama 1 jam. Pengujian dilakukan untuk mengetahui dosis optimum, selain itu untuk menguji parameter : COD, warna, kekeruhan, TSS dan BOD. Setelah itu dilakukan uji AOPs dengan kombinasi  $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$  dengan variasi sebagai berikut : 2 gr  $\text{FeSO}_4$  : (2.5 ml; 3 ml; 3.5 ml; 4 ml; 4.5 ml)  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan 3 gr  $\text{FeSO}_4$  : (2.5 ml; 3 ml; 3.5 ml; 4 ml; 4.5 ml) dengan waktu pengolahan 5, 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Setelah itu dilakukan pengaturan pH dengan penambahan NaOH sampai pH 6,7,8.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Karakteristik awal LCI HPC

Data dibawah ini menunjukkan karakteristik awal limbah cair home and personal care.

Tabel 1 Karakteristik Awal LCI HPC

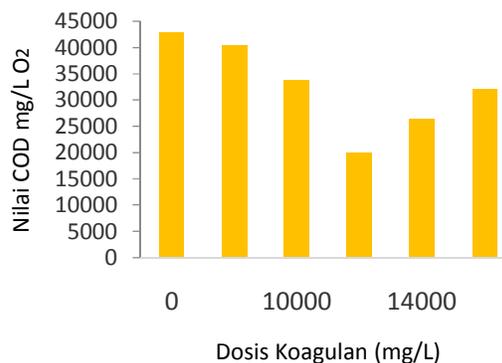
Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu
pH	-	5,43	6,0-9,0
COD	mg/l	42.800	300
Warna <sup>*)</sup>	Pt-Co	1.565	15
Kekeruhan	NTU	651	5
TSS	mg/l	3.332	100
BOD	mg/l	2.223	125

Perda Jawa Barat Nomor 6 Tahun 1999

<sup>\*)</sup> Kepmenkes No 907/Menkes/SK/VII/2002

Berdasarkan tabel 1 diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi COD, warna, kekeruhan, BOD<sub>5</sub> dan TSS pada LCI HPC memiliki nilai yang jauh diatas baku mutu dengan batasan nilai sesuai SK Gub Jawa Barat No.6 Tahun 1999 dan Kepmenkes No. 907/Menkes/SK/VII/2002.

### 4.2 Penurunan COD setelah proses koagulasi-flokulasi



Gambar 1 Grafik Rerata Penyisihan COD

Berdasarkan gambar 1 diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi, dosis 0 mg/L merupakan kondisi awal LCI HPC yang tidak diberikan penambahan koagulan  $\text{FeCl}_3$ . Dari hasil pengujian COD, kondisi awal air limbah memiliki konsentrasi sebesar 42.800 mg/L. Selanjutnya

penambahan dosis 8 g/L pada LCI HPC menghasilkan konsentrasi COD sebesar 40.300 mg/L dengan efisiensi sebesar 6 %. Penambahan dosis koagulan  $\text{FeCl}_3$  dengan dosis 10 g/L terjadi penurunan konsentrasi COD dengan nilai 33.800 mg/L atau efisiensi penyisihan mencapai 21 %. Selanjutnya penambahan dosis sebesar 12 g/L pada limbah cair mengakibatkan terjadinya penurunan konsentrasi COD menjadi 19.966 mg/L dengan efisiensi sebesar 53 %. Selanjutnya penambahan dosis koagulan 14 g/L terjadi penyisihan konsentrasi COD menjadi 26.466 mg/L atau efisiensi sebesar 38 % dan pada kondisi penambahan koagulan 16 g/L terjadi penyisihan konsentrasi COD mencapai 32.133 mg/L dengan efisiensi sebesar 25 %.

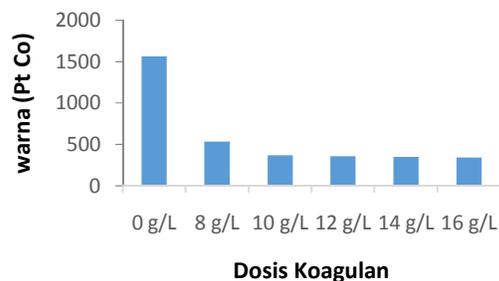
Pada proses koagulasi dilakukan pengadukan cepat 250 rpm selama 10 menit. Tumbukan-tumbukan tersebut akan bereaksi satu sama lain, ion positif yang berasal dari air limbah akan menetralkan ion negatif yang ada pada koagulan sehingga partikel-partikel koloid saling tarik menarik dan menggumpal membentuk flok.

Selanjutnya pengadukan lambat 50 rpm selama 20 menit, pada penambahan koagulan terbentuk ion-ion polimer dan dapat terserap oleh partikel-partikel koagulan menggumpalkan zat-zat tersuspensi dan koloid dalam air untuk menghasilkan flok yang belum sempurna, lalu mengikat flok-flok yang belum sempurna tersebut menjadi flok-flok yang lebih sempurna dan mempercepat pengendapan partikel koloid, yang akan terselubungi oleh koagulan. Hal inilah yang membuat kadar COD limbah cair setelah proses koagulasi flokulasi lebih kecil dari sebelumnya.

Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa pengolahan LCI HPC menggunakan metode koagulasi flokulasi dengan koagulan  $\text{FeCl}_3$  dengan variasi dosis dapat menyisihkan nilai COD yang dihasilkan namun nilai COD tersebut

masih belum sesuai persyaratan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor: 6 Tahun 1999 Lampiran IX Golongan 1 sebesar 300 mg/L. Oleh sebab itu maka akan dilakukan pengolahan LCI HPC lebih lanjut dengan metode AOPs dengan  $\text{Fe-H}_2\text{O}_2$ .

#### 4.3 Penurunan warna setelah proses koagulasi-flokulasi



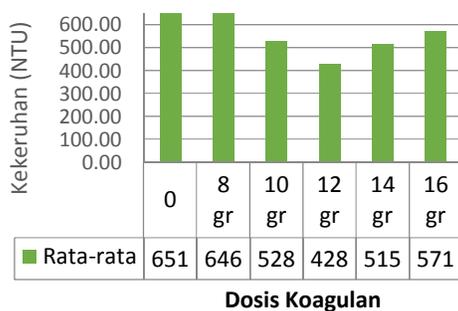
Gambar 3 Grafik Rerata Penyisihan Warna

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui hasil dari penyisihan warna melalui  $\text{FeCl}_3$  sebagai koagulan dengan variasi dosis yakni 0 gram/L, 8 gram/L, 10 gram/L, 12 gram/L, 14 gram/L dan 16 gram/L. Pada variasi dosis 8 gram/L mampu menyisihkan warna dari yang semula 1565 Pt Co turun menjadi 537 Pt Co, pada dosis 10 gram/L mampu menyisihkan 1565 Pt Co menjadi 369 Pt Co, pada dosis 12 gram/L mampu menyisihkan 1565 Pt Co menjadi 359 Pt Co, sedangkan pada variasi dosis 14 gram/L mampu menyisihkan 1565 Pt Co menjadi 350 Pt Co, pada dosis 16 gram.L mampu menyisihkan 1565 Pt Co menjadi 340 Pt Co.

Pada gambar 3 terlihat bahwa seiring bertambahnya dosis koagulan dalam proses koagulasi flokulasi, maka nilai warna setelah proses semakin menurun dan efisiensi penurunan warna semakin besar. Penurunan warna juga disebabkan banyaknya kandungan organik yang terendapkan oleh koagulan sehingga meningkatkan efisiensi terhadap pengukuran warna. Penurunan warna terjadi akibat muatan positif yang

diberikan ke dalam air, sehingga terjadi proses netralisasi dan adsorpsi partikel warna dalam air. muatan positif berasal dari koagulan  $\text{FeCl}_3$  yang diberikan kepada air limbah, sehingga partikel koloid yang bermuatan negatif dapat ternetralisasi lalu akan membentuk flok dan dapat mengendap (Yosita dan Hadi, 2014). Penurunan warna yang terjadi disebabkan oleh adanya kemampuan muatan positif dari flok hidroksida yang menyerap asam humat dan fulvat penyebab warna sebelum flok hidroksida mengendap (Hendricks, 2005 dalam (Widyaningsih, H dan Syafei, A, 2011)).

#### 4.4 Penurunan kekeruhan setelah proses koagulasi-flokulasi



Gambar 4 Grafik Rerata Penyisihan Kekeruhan

Gambar 4 Menunjukkan hasil penyisihan kekeruhan pada proses koagulasi-flokulasi dengan variasi dosis yang telah diberikan. Pada variasi dosis 8 gram/L mampu menyisihkan kekeruhan 0,6 % dari yang semula 651 NTU turun menjadi 646 NTU, pada dosis 10 gram/L mampu menyisihkan kekeruhan sebesar 18% dari yang semula 651 NTU menjadi 528 NTU, pada dosis 12 gram/L mampu menyisihkan 20% dari yang semula 651 NTU menjadi 428 NTU, pada dosis 14 gram/L mampu menyisihkan 651 NTU menjadi 515 NTU sedangkan pada variasi dosis 16 gram/L nilai kekeruhan naik menjadi 715 NTU.

Seiring bertambahnya dosis koagulan dalam proses koagulasi-flokulasi pada gambar 4 maka nilai kekeruhan setelah proses semakin menurun dan efisiensi penurunan semakin besar. Namun, setelah dosis dengan nilai kekeruhan terkecil, dan kekeruhan meningkat kembali. Hal tersebut disebabkan oleh dosis koagulan yang melebihi dosis optimum dapat menyebabkan restabilisasi dari koloid. Restabilisasi akan terjadi dimana koloid yang bermuatan negatif akan berubah menjadi koloid yang bermuatan positif, diyakini karena adanya muatan positif yang masih reaktif di permukaan koloid

#### 4.5 Penurunan TSS setelah Proses koagulasi-flokulasi

TSS (*Total Suspended Solid*) atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berpori-pori 0,2  $\mu\text{m}$  atau lebih kecil dari rata-rata ukuran pori-pori (Sawyer dkk, 1978 dalam (Widyaningsih, H dan Syafei, A, 2011)).

Data pengukuran yang didapat adalah sebagai berikut, dosis 0 mg/L merupakan kondisi awal LCI HPC yang tidak diberikan penambahan koagulan  $\text{FeCl}_3$  dengan kondisi awal LCI HPC memiliki konsentrasi TSS sebesar 3.332 mg/L. Selanjutnya adalah pengukuran konsentrasi TSS dari sampel dengan dosis koagulan terbaik, hasil yang didapatkan adalah sebesar 1.744 mg/L dengan efisiensi sebesar 47,65 %. Pemberian dosis koagulan yang optimal akan membantu pengikatan antar partikel yang tersuspensi pada limbah LCI HPC. Partikel-partikel halus yang tersuspensi pada kondisi awal bersifat stabil akan menjadi tidak stabil muatannya sehingga membentuk jembatan polimer yang terhubung satu sama lain sehingga partikel tersuspensi dapat terendapkan dengan membentuk makroflok.

#### 4.6 Penurunan BOD setelah Proses Koagulasi Flokulasi

*Biological Oxygen Demand* (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Biologi adalah suatu analisis empiris pendekatan secara global proses-proses mikrobiologis yang ada didalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air.

Pengukuran parameter BOD dilakukan sebelum sampel di berikan koagulan dan setelah proses koagulasi flokulasi, setelah proses jar test dilakukan pengukuran pada sampel dengan dosis yang paling optimum. Nilai BOD pada sampel mula-mula adalah sebesar 2.223 mg/l dan nilai BOD setelah jar test dengan dosis optimum adalah sebesar 1.654 mg/l Maka besar penyisihan BOD di dapati sebesar 47%.

#### 4.7 Karakteristik LCI HPC dengan Dosis Optimum Koagulasi-Flokulasi

Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu
pH	-	3,1	6,0-9,0
COD	mg/l	19.966	300
Warna <sup>*)</sup>	Pt-Co	261	15
Kekeruhan	NTU	428	5
TSS	mg/l	1.744	100
BOD	mg/l	1.654	125

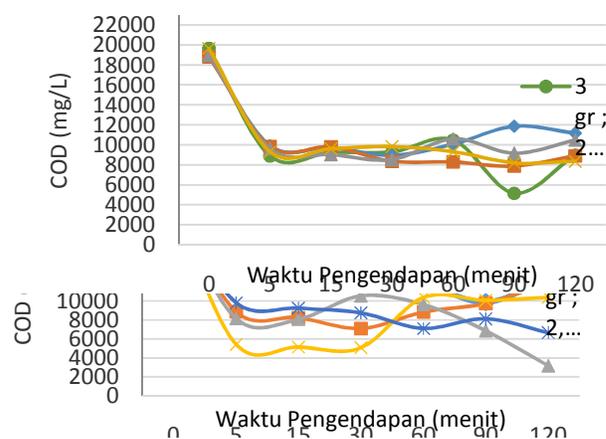
Tabel 2 Karakteristik LCI HPC pada Dosis Optimum

Dosis optimum pada proses koagulasi flokulasi yakni sebesar 12 gram/L. Pada dosis 12.000 mg/l konsentrasi COD, warna dan kekeruhan mengalami penurunan konsentrasi yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan dengan variasi dosis lainnya.

Karakteristik limbah setelah proses koagulasi flokulasi masih belum memenuhi baku mutu limbah sesuai dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa

Barat Nomor 6 Tahun 1999, sehingga LCI HPC masih membutuhkan pengolahan lebih lanjut. Untuk pengolahan lebih lanjut akan menggunakan proses AOPs dengan Fe-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Proses AOPs menggunakan Fe-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mempunyai kelebihan sangat efisien dalam mempercepat oksidasi dan degradedasi dari berbagai bahan organik dan anorganik. Spesies radikal yang terbentuk membantu dalam proses degradedasi sampai target spesies polutan benar-benar dikonversi menjadi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan asam-asam mineral (jika polutan mengandung halogen).

#### 4.8 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penyisihan COD pada Variasi FeSO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>



Gambar 5 Grafik Rerata Penyisihan COD dengan 2 gram/L FeSO<sub>4</sub>

Gambar 6 Grafik Rerata Penyisihan COD dengan 3 gram/L FeSO<sub>4</sub>

Pada penelitian ini diperoleh efisiensi penyisihan COD terbaik adalah ketika penambahan 2 gram/L FeSO<sub>4</sub> dan 3,5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Hal ini dikarenakan penggunaan dosis FeSO<sub>4</sub> dalam Fenton

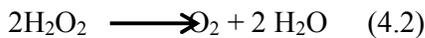
berpengaruh terhadap kondisi optimum yang dihasilkan (Elfiana, 2013).

Jika dilihat terhadap waktu kontak pengolahan, efisiensi penyisihan COD pada AOPs kombinasi Fenton variasi  $\text{FeSO}_4$  dengan waktu kontak pengolahan 120 menit efisiensi penyisihan berkisar 57%-73%. Penyisihan COD terbaik pada penambahan 2 gram  $\text{FeSO}_4$  di menit ke-120 yaitu mencapai 3158 mg/L atau sebesar 92 %.

Setelah melalui proses pengolahan AOPs dengan variasi Fenton, terlihat adanya penurunan COD. Hal ini tidak lepas dari adanya proses pengikatan senyawa organik oleh radikal hidroksil.



Selain itu, dengan tidak adanya atau kehadiran molekul organik yang akan teroksidasi, dekomposisi hidrogen peroksida untuk molekul oksigen dan air terjadi sehingga adanya peningkatan oksidan secara *massive* menurut Persamaan



Fluktuasi nilai COD kemungkinan disebabkan terjadinya autodekomposisi, dimana radikal hidroksil terbentuk akan mengoksidasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  menjadi  $\text{HO}_2^{\bullet}$  (*hidroperoxyl radical*) (Dincer, et.al, 2008). Hal ini mengurangi efektifitas reagen fenton dalam mengoksidasi senyawa organik karena menimbulkan kontaminan saat pengukuran COD (Babuponnusami, et.al, 2014).

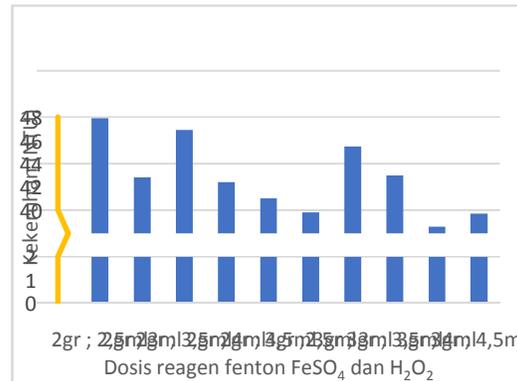


#### 4.9 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penyisihan Warna pada Variasi $\text{FeSO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$

Jika dilihat terhadap waktu kontak pengolahan, efisiensi penyisihan warna pada AOPs kombinasi Fenton variasi  $\text{FeSO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan waktu kontak pengolahan 120 menit efisiensi penyisihan berkisar 17-77%. Penyisihan COD terbaik pada penambahan 2 gram  $\text{FeSO}_4$  di menit

ke-120 yaitu mencapai 123 Pt Co atau sebesar 77,35 %.

#### 4.9 Pengaruh Variasi $\text{FeSO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ Terhadap Efisiensi Penyisihan Kekeruhan



Gambar 7. Grafik Penyisihan Kekeruhan AOPs

Pada proses AOPs  $\text{Fe-H}_2\text{O}_2$  diberikan variasi penambahan  $\text{FeSO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  terhadap masing-masing sampel LCI HPC. Variasi penambahannya yaitu 2 gram/L  $\text{FeSO}_4$  yang di variasikan dengan masing-masing  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebanyak 2,5 ml; 3 ml; 3,5 ml; 4 ml; 4,5 ml dan 3 gram/L yang di variasikan dengan masing-masing  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebanyak 2,5 ml; 3 ml; 3,5 ml; 4 ml; 4,5 ml. Perlu diketahui bahwa nilai kekeruhan dari dosis optimum sesaat setelah koagulasi adalah sebesar 36,55 NTU.

Pada proses AOPs  $\text{Fe-H}_2\text{O}_2$  diberikan variasi penambahan  $\text{FeSO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  terhadap masing-masing sampel LCI HPC. Variasi penambahannya yaitu 2 gram/L  $\text{FeSO}_4$  yang di variasikan dengan masing-masing  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebanyak 2,5 ml; 3 ml; 3,5 ml; 4 ml; 4,5 ml dan 3 gram/L yang di variasikan dengan masing-masing  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebanyak 2,5 ml; 3 ml; 3,5 ml; 4 ml;

4,5 ml. Perlu diketahui bahwa nilai kekeruhan dari dosis optimum sesaat setelah koagulasi adalah sebesar 428 NTU

#### 4.11 Pengaruh Variasi $\text{FeSO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ Terhadap Efisiensi Penyisihan TSS

Pengukuran parameter dilakukan sesudah AOPs untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi  $\text{FeSO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$  terhadap LCI HPC dalam penyisihan konsentrasi TSS. Data pengukuran yang didapat adalah sebagai berikut, TSS sampel yang belum mendapatkan perlakuan sebesar 3332 mg/l, setelah melalui proses koagulasi penyisihan konsentrasi TSS mengalami penurunan yang sangat signifikan yaitu sebesar 47,65% dengan konsentrasi nilai sebesar 1744 mg/l, setelah dilakukan proses AOPs maka konsentrasi TSS turun menjadi 65,71% dari nilai koagulasi, sehingga konsentrasi TSS yang didapat sebesar 598 mg/L. Penurunan konsentrasi TSS yang signifikan ini dikarenakan radikal hidroksil langsung bertumbukan dengan zat organik atau partikul dalam air limbah sehingga dapat mengoksidasi parameter pencemar TSS dalam air limbah.

#### 4.12 Pengaruh Variasi $\text{FeSO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ Terhadap Efisiensi Penyisihan BOD

Pengukuran parameter dilakukan sesudah AOPs untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi  $\text{FeSO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$  terhadap LCI HPC dalam penyisihan konsentrasi BOD. Data pengukuran yang didapat adalah sebagai berikut, BOD sampel yang belum mendapatkan perlakuan sebesar 2223 mg/l, setelah melalui proses koagulasi penyisihan konsentrasi BOD mengalami penurunan sebesar 24% dengan konsentrasi nilai sebesar 1654, setelah dilakukan proses AOPs maka konsentrasi TSS turun menjadi 52,84% dari nilai koagulasi, sehingga konsentrasi TSS yang didapat sebesar 780 mg/L.

#### 4.13 Pengaruh Pengaturan pH terhadap Penyisihan COD, Warna dan Kekeruhan

Tabel 3. Karakteristik LCI HPC saat Adjust pH

Jenis	COD	Warna	Kekeruhan
Sampel awal	39.133	1520	652
Koagulasi-flokulasi	19.800	530	426
AOPs	3.033	320	40
Adjust pH 6	10.006	1.112	655
Adjust pH 7	11.233	1.171	675
Adjust pH 8	11.566	1.152	753

Dari tabel 3 Diketahui bahwa nilai dari parameter COD, warna dan kekeruhan mengalami peningkatan konsentrasi yang signifikan. Keberhasilan dalam proses pengolahan air limbah berkaitan erat dengan penurunan kekeuhan dan kontaminan lainnya yang terkandung dari air limbah tersebut. Peningkatan nilai COD, warna dan kekeruhan dikaitkan dengan keadaan pH, semakin basa suatu pH maka jumlah suspended solid akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan pada saat keadaan pH basa dapat mempercepat reaksi oksidasi hingga terbentuk  $\text{Fe}^{3+}$  yang mengendap dan menghasilkan semakin banyak endapan lumpur. endapan lumpur ini memiliki keterhubungan antara COD, warna dan kekeruhan dimana TSS dan warna disebabkan oleh adanya senyawa-senyawa organik. Koloid, dan suspended solid didalam perairan. Sedangkan parameter COD merupakan kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik baik secara kimiawi maupun biologi. Sehingga hubungan antara ketiganya saling terkait dimana ketika ada peningkatan kekeruhan maka akan mempengaruhi warna dan COD pula.

#### KESIMPULAN

1. Adanya pengaruh penambahan koagulan  $\text{FeCl}_3$  terhadap penyisihan

- COD, warna, dan kekeruhan dengan efisiensi penyisihan tertinggi COD sebesar 53,35%, warna sebesar 78,27%, kekeruhan sebesar 34% TSS sebesar 47 % dan BOD sebesar 25%. Selain itu adanya pengaruh penambahan  $\text{FeSO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  terhadap penyisihan COD, warna, dan kekeruhan dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 83%, warna terbesar sebesar 77%, kekeruhan sebesar 94%, TSS sebesar 65 % dan BOD sebesar 52%. Pengaruh variasi dosis  $\text{FeCl}_3$  pada proses koagulasi flokulasi dan variasi dosis  $\text{FeSO}_4$ , variasi waktu pengolahan pada proses AOPs fenton dengan menggunakan jar test adalah signifikan.
2. Dosis optimum koagulan  $\text{FeCl}_3$  untuk pengolahan LCI HPC adalah sebesar 12 gram/L. Selanjutnya hasil pada proses fenton menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD, warna dan kekeruhan terbaik terjadi pada dosis penambahan 2 gr  $\text{FeSO}_4$  dan 3,5 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  pada menit ke 120.
  3. Setelah penentuan dosis optimum dari proses AOPs, pH LCI HPC masih dalam kondisi asam. Penambahan NaOH dilakukan untuk meningkatkan nilai pH namun konsentrasi COD, warna dan kekeruhan meningkat signifikan.

#### SARAN

1. Sebaiknya dilakukannya pengolahan lanjutan untuk menurunkan konsentrasi COD, warna, kekeruhan, TSS dan BOD karena konsentrasi yang masih diatas baku mutu.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian perbandingan setelah koagulasi-flokulasi lumpur yang dihasilkan di pisahkan atau tidak terhadap filtrat.
3. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai flok saat proses pH *adjustment* untuk LCI HPC yang akan diberi perlakuan AOPs dengan Fenton.
4. Sebaiknya setelah AOPs dengan Fenton ( $\text{Fe-H}_2\text{O}_2$ ) dilakukan pengolahan

ambahan secara biologi agar LCI HPC dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

5. Sebaiknya mekanisme penyisihan warna menggunakan metode lain selain metode SNI, karena dengan metode SNI pH harus dinetralkan dan endapan harus disaring sehingga perbedaan penyisihan tidak terlalu signifikan antar variasi waktu yang telah diberikan.
6. Sebaiknya pada saat proses fenton pengadukan dilakukan secara terus menerus.
7. Sebaiknya setelah proses fenton dilakukan pemisahan terhadap sampel dan endapan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G; Santika. Metode Penelitian Air. (1984). Usaha Nasional: Surabaya.
- Alaert, G & Sri Sumestri. (1987). Metode Penelitian Air Usaha Nasional. Surabaya
- Babuponnusami, A., & Karrupan. (2014). *Review on Fenton and Improvements to the Fenton Process for Wastewater Treatment*. Journal of Environmental Chemical Engineering 2 (2014) 557-572. Adhiparasakthi Engineering College; Alagappa College of Technology Campus; Anna University Chennai, India. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Barbunsinki, K., (2009). *Fenton reaction-controversy concerning the chemistry*. Journal of Ecological Chemistry and Engineering, 16 (3), 347-358. <http://tchie.uni.opole.pl/f>
- Bismo, S. (2006). *Teknologi Radiasi Sinar Ultra-Ungu (UV) dalam Rancang Bangun Proses Oksidasi Lanjut untuk Pencegahan Pencemaran Air dan Fasa Gas*. Modul Kuliah Pencegahan Pencemaran Magister Teknik Kimia. Universitas Indonesia. <https://www.researchgate.net/>
- Chamarro E., Marco A., Esplugas S. (2001). *Use of Fenton Reagent to*

- Improve Organic Chemical Biodegradability*. Universitat de Barcelona, Spain. Wat. Res. Vol. 35, No. 4, pp. 1047-1051.(2001). [www.elsevier.com/locate/waters](http://www.elsevier.com/locate/waters)
- Dincer A,R., Karakaya N., Gunes E., Gunes Y.(2007). *Removal of COD From Oil Recovery Industry Wastewater By The Advanced Oxidation Processes (AOP) Based on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>*. Turkey: Namik Kemal University. <http://journal.gnest.org/>
- D.T. Reynolds. (1982). *Unit Operations and Process In Environmental Engineering*, PWS, Publishing, Boston.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius. [www.googlebooks.com](http://www.googlebooks.com)
- Elfiana. (2013). *Penurunan Konsentrasi COD Air Limbah Domestik dengan Reagen Fenton secara Batch*. Lhoksumawe: Politeknik Negeri Lhoksumawe. Prosiding SNTK TOPI 2013, Pekanbaru (2013). ISSN. 1907-0500. <http://jurnal.pnl.ac.id/>
- Grote, B. (2012). *Application of Advanced Oxidation Process (AOP) in Water Treatment*, 37th Annual Qld Water Industry Operations Workshop, Australia.(**Paper Conference**). [http://www.wioa.org.au/conference\\_papers/2012](http://www.wioa.org.au/conference_papers/2012)
- Hutagulung S, S., Sugiarto, A,T., Luvita, V, .(2010). Aplikasi metode advanced oxidation process (AOP) untuk mengolah limbah resin cair, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah VIII, Hal 57-64.(**Prosiding**). <http://www.batan.go.id/>
- Industrial Wastewater (2007). *Fenton's Reagent: Iron-Catalyzed Hydrogen Peroxide*. [\(Buku\). <https://books.google.com/>](http://www.h2o2.com/pages.aspx?pid=142&nameGeneralChemistry-of-fenton's-reagent)
- Isyuniarto. (2006). *Aplikasi Ozon Hasil Lucutan Plasma untuk Menurunkan nilai pH, COD, BOD, dan Jumlah Bakteri Limbah Cair Rumah Sakit*. Serpon: 2006.
- Jung Y., Lim W., Park J & Hun Kim Y. (2009). *Effect of pH on fenton and Fenton-Like Oxidation*. *Environmental Technology*. *Journal Environmental Technology*. 30:2, 183-190 (2009). Andong National University; Hanyang University; Korea. <http://www.tandfonline.com/loi/tent20>.
- Khoirulloh, Moh. (2002). *Pengaruh dosis koagulan jenis poly aulinium chlorida (PAC) terhadap penurunan intensitas warna air gambut di kecamatan Gambut kabupaten Banjar Kalimantan Selatan* : Universitas DiponegoroSemarang. (**Skripsi**)
- Khoufi, S., Aloui, F., Sayadi, S, (2009). *Pilot Scale Hybrid Process for Olive Mill Wastewater Treatment and Reuse*, *Journal of Chemical Engineering and Processing*, 48, 643-650.(**Jurnal**). [www.elsevier.com/locate/cep](http://www.elsevier.com/locate/cep)
- Firra Rosariawari & M. Mirwan (2010). *Efektifitas PAC dan Tawas untuk Menurunkan Kekeruhan Pada Air Permukaan*. *Jurnal Teknik Lingkungan Vol 5.1*. (2010). UPN : Jawa Timur. [eprints.upnjatim.ac.id/](http://eprints.upnjatim.ac.id/)
- Ibrahim, S., Mauludin R., & Krisnamurthi P (2013). *Studi Transformasi Hidrat Sefadroksil Monohidrat dan Sefaleksin Monohidrat dengan FTIR*. *Jurnal Matematika & Sains Vol 18.1* (2012). ITB : Bandung. <http://journal.fmipa.itb.ac.id/>
- Nurjanah, S. (2015). *Kefektifan Dosis Koagulan (FeCl<sub>3</sub>) dalam Menurunkan Kadar Total TSS*

- Pada Air Limbah Batik Brotoseno Masaran Sragen.* 6-7. Skripsi. Universitas Muhammadiyah : Surakarta. [eprints.ums.ac.id](http://eprints.ums.ac.id)
- Pernitsky, D. (2003). *Coagulant*. Alberta: Associated Engineering Calgary.
- Putri Widyana. (2007). *Penyisihan Kekeruhan dan Warna Menggunakan Koagulan PAC*. Institut Pertanian Bogor : Bogor. Jurnal. <http://repository.ipb.ac.id/>
- Rahmawati, Iswanto, B., Winarni, (2009). *Pengaruh pH pada Proses Koagulasi dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Ferri Klorida. Vol 5 No 2*. Jurnal Teknik Lingkungan. <http://fajtl.trisakti.ac.id/jurnal>
- Snoeyink, V., & D., J. (1980). *Water Chemistry*. United States of America: John Wiley & Sons Inc.
- Tchobanoglous, G Burton; Burton, Franklin L; Stensel, H David. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition*. Mc Graw Hill: New York. **(Buku)**
- Tuty Agustina & Muhammad Amir (2013). *Pengaruh Temperatur dan Waktu Pada Pengolahan Pewarna Sintetis Procion Menggunakan Reagen Fenton*. Universitas Sriwijaya : Palembang. Jurnal Tekbik Kimia. <http://eprints.unsri.ac.id/id/eprint/>
- Wardiyati, S., Hasnah, S & Fisli A. (2012). *Dekolorisasi Limbah Industri Batik Menggunakan Proses Fenton dan Foto Fenton*. Serpong: BATAN. <http://download.portalgaruda.org/>
- Widyaningsih, H dan Syafei, A. (2011). *Resirkulasi Flok untuk Kekeruhan Rendah pada Kali Pelayaran Sidoarjo dengan Sistem Batch*. Institut Teknologi Sepuluh November : Surabaya. Jurnal Teknik Lingkungan. [digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-15859-paper](http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-15859-paper)
- Wulan, P., Dianursanti, Gozan, M., & Nugroho, W. (2010). *Optimasi Penggunaan Koagulan Pada Pengolahan Air Limbah Batubara*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia, Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia : Yogyakarta. [repository.upnyk.ac.id/](http://repository.upnyk.ac.id/)
- Yosita, H & Hadi, W. (2014) *Efektifitas  $Al_2(SO_4)_3$  dan  $FeCl_3$  dalam Pengolahan air Menggunakan Gravel Bed Flocculator ditinjau dari Parameter Warna dan Zat Organik*. Institut Teknologi Sepuluh November : Surabaya. Jurnal Teknik Pomits Vol. 3, No. 2 (2014). [Ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/](http://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/)
- Yulia, R. (2015). *Aplikasi Metode Advanced Oxidation Process Fenton dan Fenton-Like Terhadap Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. Banda Aceh : Universitas Syah Kuala. **(Tesis)**. <http://etd.unsyiah.ac.id/>