

Mengolah COD Pada Limbah Laboratorium

Yenita Sandra Sari ^{a,1}.

^a Universitas Kebangsaan

¹ yenitasandra@gmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords

COD

Laboratory liquid waste

Fenton Reagent

Laboratory liquid waste is water produced from the rest of the testing activities in a laboratory that is categorized as dangerous. This waste has a distinctive characteristic that is different from the waste originating from industrial activities because it usually has a very high diversity of types of waste even though the amount of material disposed of is relatively small. Advance Oxidation Processes (AOPs) or advanced oxidation processes are an alternative method that is suitable to be used to treat laboratory waste. This study aims to obtain the optimum dose in decreasing the concentration of Chemical Oxygen Demand (COD) with the AOPs method using Fenton reagent (H₂O₂ and FeSO₄). The study used variations in COD concentrations of 10,090.09 mg/L, 5,009.01 mg/L and 511.71 mg/L. The results showed that the optimum dose of Fenton reagent was 1: 300 with the efficiency of decreasing COD levels for COD concentrations of 10,090.09 mg/L by 21.43%, for COD concentrations of 5,009.01 mg/L of 46.76% and for COD concentrations of 511, 71 mg/L of 83.10%.

1. PENDAHULUAN

Limbah cair laboratorium adalah air yang dihasilkan sisa dari kegiatan pengujian di laboratorium yang dikategorikan berbahaya. Air limbah cair laboratorium mengandung zat-zat yang berbahaya dan bisa mencemari lingkungan bila tidak diolah terlebih dahulu. Limbah cair laboratorium terdiri dari bahan kimia senyawa organik dan anorganik dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah cair laboratorium tergantung pada jenis dan karakteristik limbah tersebut.

Pencemaran oleh air limbah laboratorium merupakan salah satu masalah lingkungan yang perlu diperhatikan dengan seksama sebelum menimbulkan akibat-akibat yang lebih serius. Kadar yang umum diuji dalam limbah cair laboratorium adalah kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*). COD merupakan salah satu parameter indikator penting untuk mengetahui pencemaran di dalam air yang disebabkan oleh limbah organik, secara umum konsentrasi COD yang tinggi dalam air menunjukkan banyaknya cemaran yang bersifat kimia yang terkandung dalam air. Besarnya nilai COD sebanding dengan besarnya nilai cemaran yang ada dalam air.

1.1 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Untuk menyatakan kualitas air dibutuhkan beberapa parameter yang terkait. Salah satu diantaranya adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang didefinisikan sebagai jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat di dalam sampel air atau banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. Pada reaksi ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O dalam suasana asam.

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat teroksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia. Pengujian COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi dengan cara menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media asam.

1.2 *Advance Oxidation Processes (AOPs)*

Advance Oxidation Processes (AOPs) atau proses oksidasi lanjutan merupakan suatu metode alternatif yang sesuai digunakan untuk mengolah limbah laboratorium.

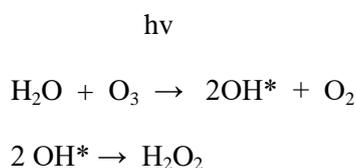
Prosedur AOPs ini sangat berguna untuk membersihkan bahan-bahan biologis beracun seperti aromatik, pestisida, konstituen minyak, dan senyawa organik yang mudah menguap dalam air limbah. Bahan kontaminan dikonversi untuk sebagian besar menjadi senyawa anorganik stabil seperti karbon dioksida dan garam yang akan mengalami mineralisasi. Tujuan dari pemurnian air limbah dengan cara AOPs adalah pengurangan kontaminan kimia dan toksisitas sedemikian rupa sehingga air limbah dapat dibersihkan kembali untuk digunakan lagi atau setidaknya menjadi pengolahan konvensional.

1. Proses homogen dengan menggunakan radiasi UV

AOPs homogen menggunakan radiasi UV umumnya digunakan untuk degradasi senyawa yang menyerap radiasi UV dalam kisaran yang sesuai spektrum. Senyawa yang menyerap sinar UV pada panjang gelombang yang rendah baik untuk foto degradasi. Jenis-jenisnya antara lain:

a. Ozon dan radiasi ultraviolet (O_3/UV)

Proses oksidasi lanjutan menggunakan ozon dan radiasi UV dimulai dari fotolisis ozon, yang menghasilkan pembentukan radikal hidroksil seperti yang ditunjukkan dalam reaksi berikut:

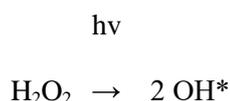


Teknologi AOPs dengan kombinasi ozon dan sinar ultraviolet ini memiliki beberapa keunggulan dalam pengolahan limbah diantaranya:

1. Areal instalasi pengolahan air limbah yang dibutuhkan tidak luas.
2. Waktu pengolahan cepat.
3. Penguraian senyawa organik efektif.
4. Keluaran limbah yang berupa lumpur sedikit.

b. Hidrogen peroksida dan radiasi ultraviolet (H_2O_2/UV)

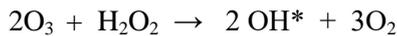
Proses oksidasi ini membutuhkan pembentukan radikal hidroksil yang dihasilkan oleh fotolisis H_2O_2 dan reaksi propagasi yang sesuai. Ditunjukkan dalam reaksi berikut:



c. Ozon, hidrogen peroksida dan ultraviolet ($O_3/H_2O_2/UV$)

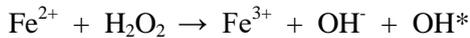
Hidrogen peroksida yang digunakan dalam proses O_3/UV mempercepat penguraian ozon dan meningkatkan generasi $\bullet OH$ radikal. Proses ini merupakan hasil dari kombinasi dari sistem 2 biner O_3/UV dan O_3/H_2O_2 .

$h\nu$



d. Foto Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$)

Lebih dari satu abad lalu, HJ Fenton menggambarkan oksidasi kekuatan hidrogen peroksida pada beberapa molekul organik dimana radikal OH^* yang dihasilkan dari hidrogen peroksida dibawah penambahan $\text{Fe}(\text{II})$ sebagai katalis. Kemudian, ditemukan bahwa hal ini disebabkan karena generasi radikal hidroksil, ditunjukkan dalam reaksi:



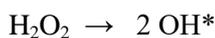
Karena kesederhanaannya reaksi fenton adalah proses yang paling sering digunakan untuk menghilangkan senyawa yang sukar. Reaksinya antara lain:



$h\nu$



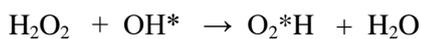
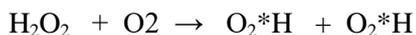
$h\nu$



2. Proses homogen menggunakan energi *ultrasonic*

a. Hidrogen peroksida dan *ultrasonic*

Dengan menggabungkan *ultrasonic* dan H_2O_2 hal tersebut mencapai pembentukan radikal bebas dalam fase gas gelembung. Reaksi yang dihasilkan adalah sebagai berikut:



3. Proses homogen menggunakan energi listrik

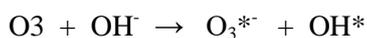
Jenis proses didasarkan penggunaan listrik untuk memecah molekul dan senyawa untuk didegradasi. Intervensi radikal hidroksil menghasilkan transfer elektron. Metode ini memiliki beberapa keuntungan seperti peningkatan efektifitas proses dan pengurangan penggunaan reagen lainnya. Selain itu, perlu dipertimbangkan biaya energi dan durasi dalam elektroda. Adapun jenisnya antara lain:

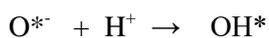
- Oksidasi elektrokimia
- Anodik oksidasi
- Elektrofenton

4. Proses homogen yang tidak menggunakan energi

a. Ozonasi dalam media alkali

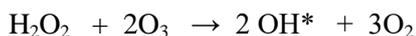
Ozon tidak stabil dalam medium berair, dekomposisi spontan oleh mekanisme kompleks yang melibatkan generasi radikal hidroksil radikal bebas. Degradasi senyawa terjadi melalui aksi ozon itu sendiri serta melalui radikal yang dihasilkan dalam media basa. Dalam hal ini, ketika pH meningkat, tingkat produksi radikal OH^* di ozonisasi juga meningkat karena dari reaksi berikut:





b. Ozonasi dengan hidrogen peroksida

Hidrogen peroksida dalam larutan berair adalah sebagian dipisahkan dengan anion hidroperoksida (HO_2^-), yang bereaksi dengan ozon menimbulkan serangkaian rantai reaksi termasuk radikal hidroksil.



Metode ini otomatis dapat dengan mudah bisa digunakan untuk degradasi hampir semua komponen.

c. Hidrogen peroksida dan katalis Fe^{2+} (Fenton)

Jenis reaksinya sangat mirip dengan yang terjadi di proses foto fenton, tetapi pada hidrogen peroksida dan katalis ini pembentukan radikal $\text{OH}^{*\cdot}$ lebih rendah karena radiasi UV tidak terdapat dalam proses.



Jenis metode ini efektif diterapkan sebagai pra-perlakuan, tetapi memiliki kelemahan seperti lumpur hidroksida besi dan nilai pH yang rendah.

1.3 Reagen Fenton

Metode fenton adalah salah satu bentuk metode yang semakin banyak digunakan pada penanggulangan kontaminasi air dan tanah. Reagen fenton yang sederhana melibatkan digunakannya salah satu dari agen pengoksidasian (hidrogen peroksida) dan katalisatornya (garam besi atau oksida, biasanya besi). Sementara itu, proses foto fenton juga melibatkan penyinaran dengan cahaya matahari atau sumber cahaya buatan, dimana meningkatnya degradasi kontaminasi dengan menimbulkan reduksi dari Fe^{3+} ke Fe^{2+} . Reaksi yang menghasilkan berbagai radikal bebas, dimana dapat bereaksi dengan senyawa organik berlebih. Reaksi yang melibatkan radikal hidroksil yang sangat reaktif adalah yang paling penting, dan karakteristik dari semua proses oksidasi lanjutan (AOPs).

Reaksi Fenton sekarang banyak digunakan dalam penanganan air limbah, tanah dan lumpur terkontaminasi dengan beberapa aplikasi sebagai berikut:

1. Destruksi polutan organik.
2. Penurunan sifat racun.
3. Peningkatan biodegradasi.
4. Penurunan BOD/COD.
5. Penghilangan warna dan bau.
6. Destruksi resin pada lumpur terkontaminasi radioaktif.

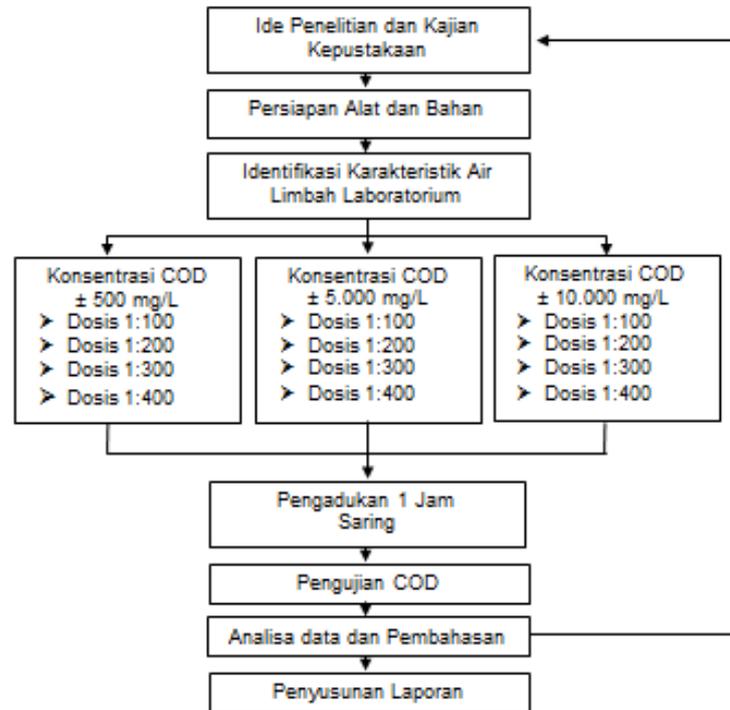
Kondisi pH optimum pereaksi fenton untuk menurunkan COD terjadi pada pH 3. Pada pH ini pembentukan radikal hidroksil maksimum sehingga dapat menurunkan COD yang tertinggi.



Semakin besar perbandingan nmol pereaksi fenton (dalam hal ini konsentrasi H_2O_2), maka semakin besar persen efisiensi penurunan COD sampai mencapai keadaan optimum. Setelah melewati perbandingan mmol pereaksi fenton optimal maka nilai COD akan kembali membesar. Hal ini dikarenakan kenaikan konsentrasi akan menimbulkan konsentrasi $\text{OH}^{*\cdot}$ dalam pereaksi, sehingga kemampuan pereaksi fenton untuk mengoksidasi kontaminan dari sampel limbah semakin

meningkat. Tetapi jika OH^* sudah jenuh untuk mengoksidasi maka pereaksi fenton akan terhitung sebagai polutan sehingga menyebabkan nilai COD menjadi meningkat setelah mencapai kondisi optimum (Agustina TE, 2012).

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan

1. Air bebas organik.
2. Larutan pereaksi asam sulfat. (Dari MERCK).
Ditimbang 10,12 g serbuk atau Kristal Ag_2SO_4 dilarutkan ke dalam 1000 mL H_2SO_4 pekat kemudian aduk hingga larut.
3. Larutan baku $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,01667 M ($\approx 0,1$ N) *Digestion solution*. (Dari MERCK).
Ditimbang 4,903 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam dilarutkan ke dalam 500 mL air bebas organik. Ditambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 . Dilarutkan dan dinginkan pada suhu ruang dan diencerkan sampai 1000 mL.
4. Larutan indikator Feroin. (Dari MERCK).
5. Larutan baku Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,05 N. (Dari MERCK).
Ditimbang 19,6 g $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam 300 mL air bebas organik. Ditambahkan 20 mL H_2SO_4 pekat, dinginkan dan ditepatkan sampai 1000 mL.
6. Hidrogen Peroksida (H_2O_2) 20% (Dari Brataco).
7. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Dari MERCK).
8. NaOH (Dari MERCK).
9. Kertas saring kasar.

Alat-alat yang digunakan

1. *Digestion Vassel* (Dari Hach).
2. Pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung (Dari Hach).
3. Mikroburet (Dari Iwaki Pyrex).
4. Labu ukur 100 mL dan 1000 mL (Dari Iwaki Pyrex).
5. Pipet Volumetrik 5 mL, 10 mL dan 25 mL (Dari Iwaki Pyrex).

6. Pipet Ukur 5 mL, 10 mL dan 25 mL (Dari Iwaki Pyrex).
7. Erlenmeyer 250 mL (Dari Iwaki Pyrex).
8. Gelas kimia 250 mL (Dari Iwaki Pyrex).
9. Timbangan Analitik dengan ketelitian 0,1 mg (Dari Metler Toledo).
10. *Magnetic Stirrer* (Dari Thermo Scientefitic)
11. Gelas kimia 250 mL (Dari Iwaki Pyrex).
12. Pipet Volumetrik 5 mL, 10 mL dan 25 mL (Dari Iwaki Pyrex).
13. *Stopwatch*

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium untuk menganalisa efisiensi penurunan parameter COD pada air limbah Laboratorium dengan metode AOPs secara *Batch* berbasis H_2O_2 dan $FeSO_4$.

Penelitian terdiri dari dua tahapan, yaitu: penelitian pendahuluan merupakan analisa laboratorium untuk mengetahui konsentrasi COD pada limbah laboratorium dan penelitian utama dengan tujuan yang akan dicapai yaitu dosis pereaksi Fenton yang tepat untuk setiap variasi konsentrasi skala laboratorium untuk menganalisa efisiensi penurunan parameter COD.

Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah dalam menarik kesimpulan dan interpretasi data hasil percobaan. Secara umum, bagan air metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, penelitian dimulai dengan Kajian Kepustakaan yang diperlukan untuk mendukung kajian-kajian yang ada pada penelitian ini. Kepustakaan atau literatur dapat bersumber pada: jurnal, tugas akhir, buku teks, internet dan laporan penelitian lain. Tahap persiapan dilakukan untuk menentukan teknik sampling di lokasi, persiapan alat dan bahan yang di perlukan dalam penelitian. Sampling perlu dilakukan sebelum melakukan tahap penelitian. Sampling masuk ke dalam tahap persiapan karena diperlukannya data-data primer yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari air limbah tersebut. Pada penelitian ini metode pengambilan sampel yang digunakan adalah *Grab sample* (pengambilan sampel sesaat). Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada *influent* dari Laboratorium.

Prosedur Penelitian

- a. Dosis 1:100
 1. Diukur 100 mL sampel air limbah laboratorium dengan konsentrasi COD ± 500 mg/L, ± 5.000 mg/L dan ± 10.000 mg/L ke dalam ,masing-masing gelas kimia 250 mL.
 2. pH diatur menjadi 3 dengan penambahan NaOH atau H_2SO_4 .
 3. Ditambahkan 15 mL pereaksi Fenton 1:100.
 4. Dikocok selama 1 jam.
 5. Disaring untuk memisahkan endapan dengan menggunakan kertas saring dan dihitung nilai COD masing-masing larutan.
- b. Dosis 1:200
 1. Diukur 100 mL sampel air limbah laboratorium dengan konsentrasi COD ± 500 mg/L, ± 5.000 mg/L dan ± 10.000 mg/L ke dalam ,masing-masing gelas kimia 250 mL.
 2. pH diatur menjadi 3 dengan penambahan NaOH atau H_2SO_4 .
 3. Ditambahkan 15 mL pereaksi Fenton 1:200.
 4. Dikocok selama 1 jam.
 5. Disaring untuk memisahkan endapan dengan menggunakan kertas saring dan dihitung nilai COD masing-masing larutan.
- c. Dosis 1:300
 1. Diukur 100 mL sampel air limbah laboratorium dengan konsentrasi COD ± 500 mg/L, ± 5.000 mg/L dan ± 10.000 mg/L ke dalam ,masing-masing gelas kimia 250 mL.
 2. pH diatur menjadi 3 dengan penambahan NaOH atau H_2SO_4 .
 3. Ditambahkan 15 mL pereaksi Fenton 1:300.
 4. Dikocok selama 1 jam.
 5. Disaring untuk memisahkan endapan dengan menggunakan kertas saring dan dihitung nilai COD masing-masing larutan.
- d. Dosis 1:400

1. Diukur 100 mL sampel air limbah laboratorium dengan konsentrasi COD ± 500 mg/L, ± 5.000 mg/L dan ± 10.000 mg/L ke dalam masing-masing gelas kimia 250 mL.
2. pH diatur menjadi 3 dengan penambahan NaOH atau H₂SO₄.
3. Ditambahkan 15 mL pereaksi Fenton 1:400.
4. Dikocok selama 1 jam.
5. Disaring untuk memisahkan endapan dengan menggunakan kertas saring dan dihitung nilai COD masing-masing larutan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian awal dilakukan terhadap limbah cair laboratorium dengan melakukan pengujian konsentrasi COD awal.

Tabel 1 Hasil Pengujian Konsentrasi COD Awal

Parameter	Konsentrasi COD		Metode acu
	sebelum pengujian (mg/L)	setelah pengujian (mg/L)	
COD	± 10.000	10.090,09	SNI 6989.73:2009

Sumber: Data hasil analisis laboratorium, 2018

Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah *Grab sample* (pengambilan sampel sesaat). Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada *influent* dari Laboratorium. Dari tabel 4.1 limbah cair laboratorium mempunyai konsentrasi COD sebesar 10.090,09 mg/L. Volume sampel yang di ambil yaitu sebanyak 2 liter.

Untuk membuat variasi konsentrasi COD dilakukan pengenceran dari limbah awal agar didapat konsentrasi COD ± 5.000 mg/L dan ± 500 mg/L. Limbah diencerkan dengan akuades yang merupakan air bebas mineral.

Dari hasil pengenceran limbah awal, didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil Pengujian Konsentrasi COD Setelah Pengenceran

Parameter	Konsentrasi COD		Metode acu
	sebelum pengujian (mg/L)	setelah pengujian (mg/L)	
COD	± 5.000	5009,01	SNI 6989.73:2009
	± 500	511,71	SNI 6989.73:2009

Sumber: Data hasil analisis laboratorium, 2018

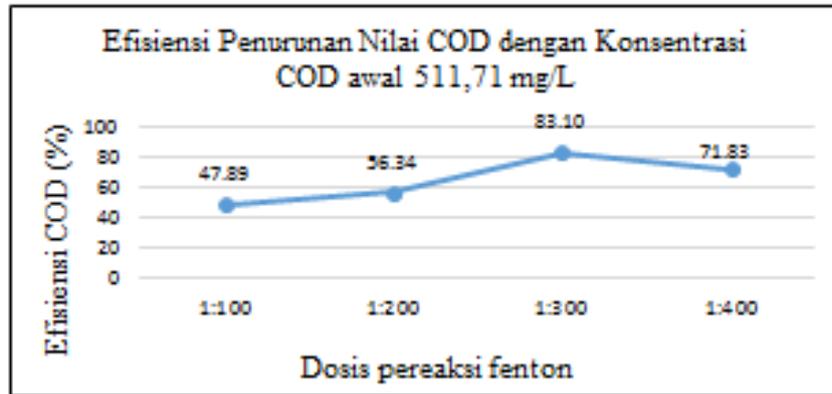
Berdasarkan tabel 4.2 konsentrasi COD hasil pengenceran yaitu 5009,01 mg/L dan 511,71 mg/L.

Konsentrasi COD 511,71 mg/L

Tabel 3 Data Efisiensi COD Berdasarkan Perbandingan Dosis Pereaksi Fenton Dengan Konsentrasi COD Awal 511,71 mg/L

Dosis pereaksi fenton	Nilai COD (mg/L)	Efisiensi COD (%)	Baku Mutu Permen LH No.5 Tahun 2014 (mg/L)
1:100	266,67	47,89	300
1:200	223,42	56,34	
1:300	86,49	83,10	
1:400	144,14	71,83	

Sumber: Data hasil analisis laboratorium, 2018



Gambar 2 Grafik efisiensi penurunan nilai COD dengan konsentrasi COD awal 511,71 mg/L
 Sumber: Hasil penelitian, 2016

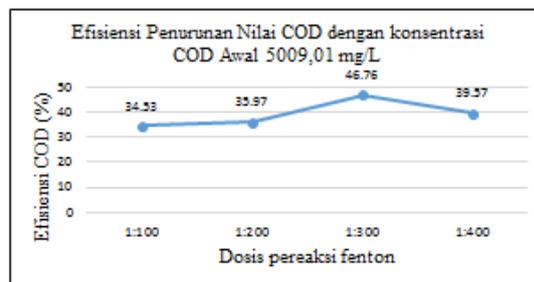
Berdasarkan gambar 2 efisiensi penurunan kadar COD tertinggi yaitu pada dosis pereaksi fenton 1:300 dengan dengan nilai efisiensi 83,10%. Sedangkan efisiensi penrunan kadar COD terendah yaitu pada dosis 1:100 dengan nilai efisiensi 47,89%.

Konsentrasi COD 5009,01 mg/L

Tabel 4 Data Efisiensi COD Berdasarkan Perbandingan Dosis Pereaksi Fenton Dengan Konsentrasi COD Awal 5.009,01 mg/L

Dosis pereaksi fenton	Nilai COD (mg/L)	Efisiensi COD (%)	Baku Mutu Permen LH No.5 Tahun 2014 (mg/L)
1:100	3279,28	34,53	300
1:200	3207,21	35,97	
1:300	2666,67	46,76	
1:400	3027,03	39,57	

Sumber: Data hasil analisis laboratorium, 2016



Gambar 3 Grafik efisiensi penurunan nilai COD dengan konsentrasi COD awal 5.009,01 mg/L
 Sumber: Hasil penelitian, 2016

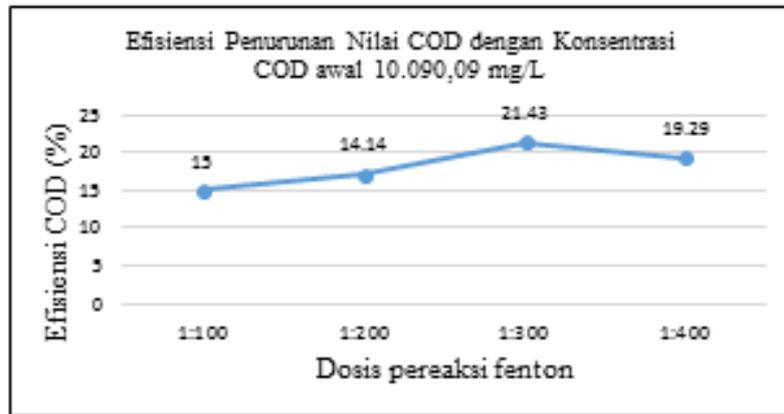
Berdasarkan gambar 3 efisiensi penurunan kadar COD tertinggi masih sama dengan penelitian pertama yaitu pada dosis pereaksi fenton 1:300 dengan dengan nilai efisiensi 46,76%. Sedangkan efisiensi penrunan kadar COD terendah yaitu pada dosis 1:100 dengan nilai efisiensi 34,53%.

Konsentrasi COD 10.090,09 mg/L

Tabel 5 Data Efisiensi COD Berdasarkan Perbandingan Dosis Pereaksi Fenton Dengan Konsentrasi COD Awal 10.090,09 mg/L

Dosis pereaksi fenton	Nilai COD (mg/L)	Efisiensi COD (%)	Baku Mutu Permen LH No.5 Tahun 2014 (mg/L)
1:100	8576,58	15,00	300
1:200	8360,36	17,14	
1:300	7927,93	21,43	
1:400	8144,14	19,29	

Sumber: Data hasil analisis laboratorium, 2016



Gambar 4 Grafik efisiensi penurunan nilai COD dengan konsentrasi COD awal 10.090,09 mg/L
Sumber: Hasil penelitian, 2016

Berdasarkan gambar 4 efisiensi penurunan kadar COD tertinggi yaitu pada dosis pereaksi fenton 1:300 dengan dengan nilai efisiensi 21,43%. Sedangkan efisiensi penurunan kadar COD terendah yaitu pada dosis 1:100 dengan nilai efisiensi 15%.

Metode yang diambil untuk penelitian yaitu metode fenton (H_2O_2/Fe^{2+}). Hal ini karena metode ini paling mudah untuk dilakukan. Selain itu, limbah laboratorium bersifat asam sehingga tidak memerlukan penambahan asam untuk menyesuaikan pH limbah.

Dalam penelitian ini, pencampuran H_2O_2 dan $FeSO_4$ dilakukan terlebih dahulu sebelum direaksikan dengan limbah karena agar terbentuk radikal hidroksil sesuai dengan reaksi:



Kondisi pH optimum pereaksi fenton untuk menurunkan COD terjadi pada pH 3. Pada pH ini pembentukan radikal hidroksil maksimum sehingga dapat menurunkan COD yang tertinggi. (Agustina TE, 2012).

Pada pH dibawah 3 pembentukan radikal hidroksil kurang maksimal karena pH yang terlalu asam sehingga kemungkinan ion besi kurang maksimal mengkatalisis pembentukan radikal hidroksil, sedangkan pada pH di atas 3 penurunan COD lebih rendah karena sebagian ion besi mengendap sehingga sebagian hidrogen peroksida tidak stabil dan mengurai menjadi oksigen dan air maka kemampuan oksidasinya berkurang.

Waktu kontak antara pereaksi fenton dengan sampel limbah yaitu 60 menit.(Ramadhan A, 2012). Mekanisme kerja suatu radikal bebas terdiri dari tahap inisiasi (reaksi saat ikatan terlemah pada reaktan atau salah satu dari reaktan-reaktan putus untuk menghasilkan radikal bebas), tahap propagasi (radikal bebas menyerang reaktan menghasilkan molekul produk dan spesies reaktif yang lain. Radikal bebas yang baru ini bereaksi lebih lanjut dan membentuk lagi radikal bebas yang semula, yang sekali lagi menyerang reaktan. Dengan jalan ini produk dan pembawa rantai terbentuk secara kontinyu), dan tahap terminasi (reaksi yang mengubah radikal bebas yang stabil dan tidak reaktif sehingga reaksi berakhir).

Hal ini menunjukkan tahap radikal hidroksil untuk mengoksidasi zat organik membutuhkan waktu yang cukup lama karena kompleksnya zat organik dalam limbah dan mekanisme reaksi yang bertahap. Waktu kontak dibawah 60 menit mengakibatkan terdapat tahap reaksi yang belum sempurna sehingga penurunan COD kurang maksimal.

Penyaringan dilakukan untuk memisahkan padatan yang tidak terlarut selama proses reaksi antara pereaksi fenton dengan sampel limbah. Hal ini dilakukan karena padatan tersebut tidak akan dibawa ke proses selanjutnya.

Dosis optimum penambahan pereaksi fenton sebesar 1:300. Semakin besar perbandingan mmol pereaksi fenton (dalam hal ini konsentrasi H_2O_2), maka semakin besar persen efisiensi penurunan COD sampai mencapai keadaan optimum dimana perbandingan mmol pereaksi fenton optimal pada sampel limbah adalah 1:300. Setelah melewati perbandingan mmol pereaksi fenton optimal maka nilai COD akan kembali membesar. Hal ini dikarenakan kenaikan konsentrasi akan menimbulkan konsentrasi OH^* dalam pereaksi, sehingga kemampuan pereaksi fenton untuk

mengoksidasi kontaminan dari sampel limbah semakin meningkat. Tetapi jika OH* sudah jenuh untuk mengoksidasi maka pereaksi fenton akan terhitung sebagai polutan sehingga menyebabkan nilai COD menjadi meningkat setelah mencapai kondisi optimum.

Pereaksi fenton terlihat sangat efisien pada kadar COD yang rendah yaitu 511,17 mg/L. Efisiensi yang didapat mencapai 83,10%. Hal ini berbanding terbalik dengan kadar COD yang tinggi yaitu 10.090,09 mg/L dengan efisiensi penurunannya hanya 21,43%. Hal ini disebabkan pada konsentrasi COD 511,17 mg/L ringannya beban COD yang diolah. Sedangkan pada konsentrasi COD 10.090,09 mg/L banyaknya senyawa organik sehingga membuat beban semakin berat untuk diolah oleh radikal hidroksil pereaksi fenton.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dosis optimum dari pereaksi fenton adalah 1:300 dengan efisiensi penurunan kadar COD dengan data sebagai berikut.

1. Pada kadar COD 511,71 mg/L penurunan kadar COD optimum sebesar 83,10%. Hal ini dipengaruhi oleh kecilnya nilai COD pada sampel air limbah sehingga beban pereaksi fenton tidak terlalu berat.
2. Pada kadar COD 5009,01 mg/L penurunan kadar COD optimum sebesar 46,76%. Penurunan persen efisiensi sudah berkurang dari kadar 511,17 mg/L hal ini dipengaruhi oleh beban pereaksi fenton yang semakin berat.
3. Pada kadar COD 10.090,09 mg/L penurunan kadar COD optimum sebesar 21,43%. Penurunan nilai COD pada kadar 10.090,09 mg/L semakin mengecil. Hal ini dipengaruhi oleh tingginya kadar awal COD pada sampel.

Pereaksi fenton sangat efektif digunakan untuk mengolah limbah dengan kisaran konsentrasi COD 500 mg/L dengan rasio dosis 1:300 mmol.

DAFTAR PUSTAKA

- Elfiana, 2013, "*Kajian Efektifitas Reagen Fenton Untuk Menurunkan Konsentrasi COD Air Limbah Domestik Secara Batch Pada Metode AOP*". Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhoksmawe.
- Agustina, T.E. 2012. "*Penggunaan Reagen Fenton dan Adsorpsi Terhadap Penurunan Kadar COD Pada Air Limbah Pencucian Biji Kopi*". Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Filipek, K, Barbusinski, K. 2003. Aerobic Sludge Digestion in the Presence of Hydrogen Peroxide and Fenton's Reagent. *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 12, No. 1, pp.35-40.
- Hutagalung, S. 2015. "Metode Advance Oxidation Processes (AOPs) untuk mengolah limbah resin". Pusat Penelitian Ilmu pengetahuan dan Teknologi-RISTEK. ISSN 1410-6086.
- Ramadhan, A. 2012. "*Membandingkan Pereaksi Fenton dan Kaporit Dalam Menurunkan Chemical Oxygen Demand (COD) Limbah Larutan Penyapu Jenuh*". Fakultas MIPA Universitas Pakuan Bogor.
- Sholeh, M., Supraptiningsih, dan Arsitika, W. 2013. "*Penurunan COD Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Reagen Fenton*". *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*, 29(1):31-36.
- Standar Nasional Indonesia 6689.73:2009, air dan air limbah-bagian 73: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*) dengan refluks tertutup secara titrimetri.
- Sugiharto. 1987. "*Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*". UI Press. Jakarta.
- Eckenfelder, W, Jr. 1989. "*Industrial Water Pollution Control Second Edition*". Mc. Graw Hill. Singapore.