

Pengaruh Variasi Rasio H_2O_2/COD dan Tegangan Terhadap Penurunan COD Air Limbah Rumah Sakit dengan Metode Elektro – Fenton

The Effect Variation of H_2O_2/COD Ratio and Voltage on COD Reduction in Hospital Wastewater by Using Electro – Fenton Method

Fami Amalia Putri^{1*}, Sarto¹, Ahmad Tawfieurrahman Yuliansyah¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2, Yogyakarta 55281, Indonesia

*Email : fami.a.p@mail.ugm.ac.id

(Submitted: 15 November 2020; Reviewed: 18 November 2020; Accepted: 30 November 2020)

Abstrak

Limbah Rumah Sakit memiliki senyawa polutan yang tinggi, beracun, dan bahkan ada yang bersifat radioaktif. Limbah yang paling banyak terdapat di Rumah Sakit yaitu limbah dalam bentuk cair yang mengandung limbah obat – obatan seperti jenis antibiotik, beberapa mikroorganisme patogen, dan kandungan logam berat yang dapat mencemari lingkungan hidup, mengganggu kesehatan manusia dan makhluk hidup lain. Limbah Rumah Sakit Kota Yogyakarta mempunyai kadar COD yang tinggi yaitu 421,03 mg/L dengan pH sebesar 7,3. *Advanced Oxidation Process (AOPs)* telah banyak terbukti dapat menurunkan kadar COD limbah industri maupun domestik. Pada penelitian ini, *AOPs* yang dipilih adalah Elektro – Fenton. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kondisi operasi yang maksimum pada metode Elektro - Fenton dan mengetahui pengaruh dari parameter yang digunakan untuk menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand (COD)*. Penanganan uji COD dilakukan untuk mengetahui pengurangan kadar oksigen pada air limbah agar sesuai dengan standar baku mutu air limbah Rumah Sakit yang dapat dibuang ke lingkungan yaitu sebesar 80 ppm. Proses Elektro – Fenton dilakukan secara *batch*, dengan variasi rasio H_2O_2/COD yang digunakan terdiri dari 2,125; 10; dan 19, 16 (g/g). Sedangkan variasi tegangan sebesar 3 volt, 4 volt, dan 5 volt. Kondisi maksimum diperoleh pada rasio H_2O_2/COD 10 (g/g) dan tegangan 4 volt dengan waktu kontak 60 menit.

Kata Kunci : air limbah rumah sakit, elektro – fenton, proses oksidasi lanjutan, kebutuhan oksigen kimiawi, hidrogen peroksida

Abstract

Hospital waste has high pollutant compounds, poisonous, and some are even radioactive. The most abundant waste found in hospitals is waste in liquid form containing medicinal waste such as antibiotics, several pathogenic microorganisms, and heavy metal content that can pollute the environment, disrupt human health and other living things. Yogyakarta City hospital waste has a high COD level of 421.03 mg / L with a pH of 7.3. Advanced oxidation processes (AOPs) have been shown to reduce COD levels in both industrial and domestic waste. In this study, the AOPs chosen were Electro - Fenton. This study aims to obtain the maximum operating conditions in the Electro-Fenton method and to determine the effect of the parameters used to reduce levels of Chemical Oxygen Demand (COD). Handling the COD test is carried out to determine the reduction in oxygen levels in the wastewater in order to fit the quality standards of hospital wastewater that can be discharged into the environment, which is 80 ppm. The electro-Fenton process was carried out in batches, with variations in the H_2O_2 / COD ratio used consisting of 2.125; 10; and 19, 16 (g / g). While the variation of the voltage is 3 volts, 4 volts, and 5 volts. Maximum conditions were obtained at 10 H_2O_2 / COD ratio (g / g) and a voltage of 4 volts with a contact time of 60 minutes.

Keywords: hospital wastewater, electro-fenton, advanced oxidation process, chemical oxygen demand, hydrogen peroxide

1. PENDAHULUAN

Belakangan ini diketahui kualitas lingkungan di Indonesia mengalami

penurunan (BPPT, 2012). Salah satu penyebab penurunan tersebut adalah akibat dari proses kegiatan yang ada di Rumah Sakit.

Menurut data Kemenkes (2016), dinyatakan bahwa jumlah Rumah Sakit di Indonesia semakin bertambah setiap tahunnya. Hal ini disebabkan karena ada upaya pemerintah untuk dapat meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan yang ada di seluruh Indonesia. Peningkatan program tersebut bertujuan agar kesehatan masyarakat di Indonesia dapat semakin baik. Akibat semakin banyaknya pembangunan Rumah Sakit, menghasilkan banyak limbah yang akan dibuang tanpa pengolahan yang benar (Hasibuan, 2009).

Limbah Rumah Sakit memiliki senyawa polutan yang tinggi, beracun dan bahkan ada yang bersifat radioaktif. Limbah yang paling banyak terdapat di Rumah Sakit yaitu limbah dalam bentuk cair yang mengandung limbah obat – obatan seperti jenis antibiotik, beberapa mikroorganisme patogen, dan kandungan logam berat seperti arsenik (As), timah (Pb), tembaga (Cu), Zinc (Zn) yang dapat mencemari lingkungan hidup, serta mengganggu kesehatan manusia dan makhluk hidup lain yang berada di sekitar area Rumah Sakit (Murdani *et al.*, 2018).

Pengelolaan limbah Rumah Sakit diatur dalam peraturan Menteri Kesehatan No.1204/Menkes/SK/X/2004 yaitu tentang persyaratan kesehatan lingkungan Rumah Sakit. Pengawasan tentang sistem pengelolaan limbah yang ada di Rumah Sakit diperlukan agar pelayanan kesehatan lebih bermutu seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan pelayanan kesehatan (BPPT, 2012).

Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH) dalam upaya menjaga kualitas lingkungan terhadap pencemaran lingkungan menerbitkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan Rumah Sakit yang didalamnya berisi baku mutu air limbah Rumah Sakit yang menetapkan kadar maksimal *COD* 80 mg/L dan pH 7. Sedangkan berdasarkan karakteristiknya, limbah Rumah Sakit Kota Yogyakarta mempunyai kadar *COD* sebesar 421,03 mg/L dengan pH sebesar 7,3. Karena konsentrasi *COD* pada air limbah Rumah Sakit Kota Yogyakarta masih tinggi, diperlukan adanya pengolahan yang lebih baik dari segi ekonomi dan juga menggunakan metode yang ramah lingkungan. Selain itu dalam peraturan pemerintah juga terdapat

aturan dalam pembuatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), beberapa Rumah Sakit di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta telah memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), namun sebagian besar tidak berfungsi dengan baik atau belum memenuhi standar. Pembuatan IPAL memerlukan biaya yang tidak sedikit dan tidak didukung secara *cost effectiveness analysis*.

Pencemaran air dapat dianalisis melalui beberapa kategori diantaranya parameter fisik, pengujian kimia, dan parameter biologi. Dalam analisa limbah Rumah Sakit, parameter pengujian kimia yang digunakan adalah *chemical oxygen demand (COD)*. Sebelum dilakukan pembuangan air limbah ke lingkungan, dilakukan uji *COD* untuk mengetahui pengurangan kadar oksigen pada air limbah sesuai dengan standar baku mutu yang ditentukan, agar tidak mengakibatkan pencemaran air.

Beberapa teknologi telah diterapkan untuk dapat mengolah limbah cair adalah dengan metode pengolahan limbah secara konvensional. Teknologi konvensional yang banyak digunakan yaitu dengan proses biologis secara an-aerob dan aerob dimana proses ini berjalan lambat dan butuh lahan dan volume yang lebih besar. Metode pengolahan biologis pada limbah cair masih belum memenuhi batas yang disyaratkan, setidaknya untuk beberapa parameter pengujian pencemaran contohnya *COD* (Kurt *et al.*, 2007). Beberapa jenis limbah membutuhkan metode pengolahan lanjutan diantaranya adsorpsi, koagulasi, flokulasi, nanofiltrasi, dan flotasi (Kusuma *et al.*, 2017). Hal ini memungkinkan adanya tambahan biaya, bahan, dan alat dalam mengolah limbah Rumah Sakit. Saat ini dibutuhkan metode yang lebih ekonomis serta ramah lingkungan. Adapun penelitian sebelumnya yang telah melakukan pengolahan air limbah secara konvensional adalah dengan metode koagulasi, sedimentasi, dan filtrasi (Rahmah & Mulasari, 2016). Penelitian lain dilakukan dengan metode unit aerasi, sedimentasi, dan *biosand filter* (Purnama, 2014).

Advanced Oxidation Process (AOP_s) adalah proses generasi radikal bebas yang sangat reaktif dan merupakan metode yang paling ramah lingkungan untuk mendegradasi senyawa organik pada air limbah terutama limbah Rumah Sakit (Kusuma, *et al.*, 2017).

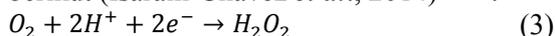
Adapun metode *AOPs* yang digunakan penelitian sebelumnya adalah metode oksidasi lanjut (Wiratini, 2017) dan metode fenton (Kurt *et al.*, 2007). Fenton paling banyak digunakan dalam *AOPs* merupakan suatu reaksi H_2O_2 dengan Fe^{2+} untuk membentuk radikal hidroksil (OH^*). Penggunaan langsung Hidrogen peroksida (H_2O_2) untuk pengolahan limbah terbatas karena kemampuan oksidasinya yang rendah (Hernandez *et al.*, 2009). Ada berbagai macam proses oksidasi atau (*AOPs*) diantaranya Oksidasi Fenton, Foto-Oksidasi, dan Elektro-oksidasi. Untuk meningkatkan efisiensi dalam mendegradasi limbah digunakan metode Elektrokimia.

Penelitian ini menggunakan metode Elektro-Fenton. Mekanismenya adalah dengan mengkombinasikan proses Elektrokoagulasi dengan Reaksi Fenton dan dilakukan secara bersama – sama (Atmaca, 2009).

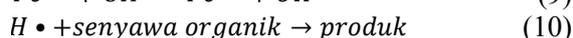
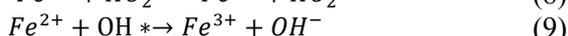
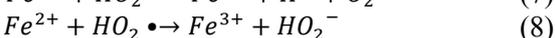
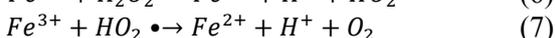
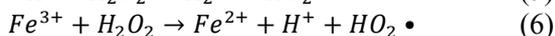
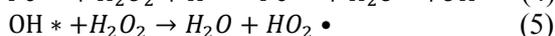
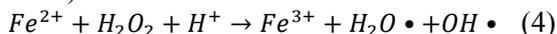
Proses Elektro - Fenton terjadi berdasarkan pada kerja anoda besi (Fe) teroksidasi yang ditunjukkan pada persamaan 1. Anoda akan memberikan ion Fe^{2+} ke dalam larutan, kemudian pada persamaan 2 menunjukkan katoda membantu pengurangan air terjadi secara bersamaan. Reaksinya adalah sebagai berikut (Atmaca, 2009) :



Hidrogen peroksida berguna untuk memberikan kondisi untuk reaksi Fenton. Katoda mereduksi O_2 dengan persamaan 3 berikut (Isarain-Chavez *et al.*, 2014) :



Reaksi kimia dari proses Elektro – Fenton adalah sebagai berikut (Paramo-Vargas *et al.*, 2015) :



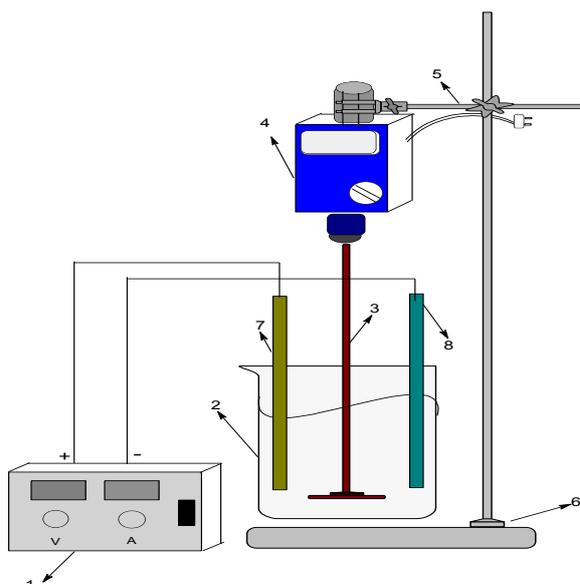
Proses reaksi fenton berlangsung pada pH asam <5 , sedangkan proses Elektro-Fenton yang optimal berlangsung pada pH 3-5 (J A R & Priyadi, 2019). Keuntungan dari metode Elektro-Fenton yaitu biaya operasional yang lebih rendah, mengkonsumsi sedikit energi, reaksinya lebih cepat, serta perawatannya mudah dalam mengolah limbah

– limbah industri (Alizadeh Fard & Barkdoll, 2018).

Berdasarkan potensinya pada penelitian limbah cair Rumah Sakit digunakan metode Elektro - Fenton untuk menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand (COD)*. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kondisi operasi yang maksimum dalam pengolahan air limbah Rumah Sakit dan mengetahui pengaruh dari parameter yang digunakan adalah variasi rasio H_2O_2/COD dan tegangan listrik yang digunakan pada rangkaian proses Elektro – Fenton.

2. METODE PENELITIAN

Air limbah berasal dari bak equalisasi di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Kota Yogyakarta, hidrogen peroksida (H_2O_2) 50 % sebagai oksidator, asam nitrat (HNO_3), aquades dan bahan kimia analisis *COD*. Bahan kimia analisis *COD* terdiri dari kalium dikromat 0,25 N ($K_2Cr_2O_7$), larutan asam sulfat (H_2SO_4), larutan perak Sulfat (Ag_2SO_4), Ferro Ammonium Sulfat 0,1 N (FAS), Merkuri (II) sulfat ($HgSO_4$), dan indikator feroin. Penelitian ini menggunakan 3 unit rangkaian alat. Rangkaian alat yang pertama adalah alat yang digunakan pada proses Elektro – Fenton (Gambar 1), rangkaian alat refluks (Gambar 2), dan rangkaian alat titrasi (Gambar 3). Dalam proses Elektro – Fenton digunakan alat *Power supply digital CODY 1502D*, 1 buah gelas beker 1000 mL yang berisi volume sampel limbah 600 mL, pengaduk kaca, *Mixer/Stirrer*, Klem, Statif, 2 buah elektroda Besi digunakan sebagai katalis, pH meter digital ATC untuk mengukur pH sampel pada awal dan akhir proses, timbangan analitik digunakan untuk menimbang elektroda besi sebelum dan sesudah proses elektro-fenton.

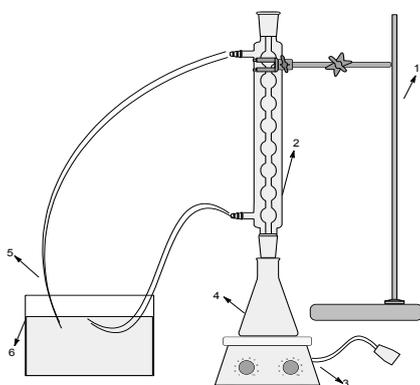


Keterangan :

- | | |
|-------------------------|-------------------|
| 1. Power Supply digital | 5. Klem |
| 2. Gelas Beker | 6. Statif |
| 3. Pengaduk kaca | 7. Elektroda Besi |
| 4. Mixer/Stirrer | 8. Elektroda Besi |

Gambar 1. Rangkaian alat Elektro – Fenton

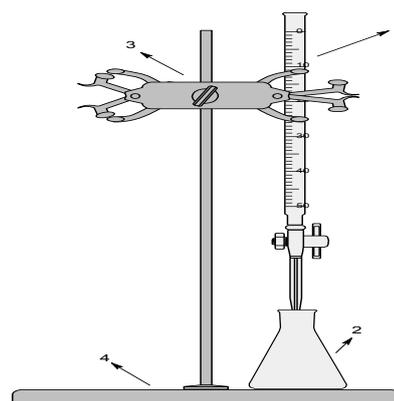
Metode yang digunakan dalam analisis COD sampel uji adalah dengan metode refluks terbuka COD (SNI 06-6989.15-2004). Peralatan yang digunakan dalam analisis sampel yaitu Klem, Statif, kondensor refluks sebagai pendingin, pemanas (kompor listrik), erlenmeyer 250 mL, selang air pendingin, dan air pendingin. Kemudian dilakukan titrasi sampel uji, dibutuhkan peralatan yaitu buret, statif, klem, dan erlenmeyer 250 mL.



Keterangan :

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Klem dan Statif | 4. Erlenmeyer |
| 2. Kondensor refluks | 5. Selang air pendingin |
| 3. Pemanas | 6. Air Pendingin |

Gambar 2. Rangkaian alat refluks



Keterangan :

- | | |
|---------------|-----------|
| 1. Buret | 3. Klem |
| 2. Erlenmeyer | 4. Statif |

Gambar 3. Rangkaian alat titrasi

2.1 Penelitian Pendahuluan

Tahap awal penelitian ini dilakukan analisa karakterisasi limbah cair Rumah Sakit kota Yogyakarta sebelum dilakukan pengolahan. Analisa dilakukan dengan metode refluks terbuka COD (SNI 06-6989.15-2004). Sampel air limbah cair diambil 10 mL, kemudian diuji sampel dengan proses refluks dan selanjutnya dilakukan titrasi.

2.2 Proses Pengolahan Elektro – Fenton

Air limbah Rumah Sakit dimasukkan ke dalam gelas beker dengan volume air limbah 600 mL di dalam gelas beker berukuran 1000 mL. dilakukan pengasaman air limbah menjadi pH yang ditetapkan. Proses Elektro – Fenton yang optimal berlangsung pada pH 3 hingga 5. Dalam penelitian ini pH air limbah ditetapkan pada pH asam 4. Pengasaman limbah cair Rumah Sakit digunakan asam nitrat (HNO_3) dan pH meter digital ATC. Selanjutnya dilakukan proses elektro – fenton dengan menyusun rangkaian alat Elektro – fenton, digunakan suhu lingkungan sebesar 25^0 C. Proses dilakukan secara batch, kemudian H_2O_2 dimasukkan ke dalam reaktor batch dengan variasi rasio H_2O_2/COD yang terdiri dari 2,125; 10; dan 19, 16 (g/g). Dilakukan variasi tegangan sebesar 3 volt, 4 volt, dan 5 volt. Jarak elektroda yang digunakan yaitu sepanjang 4 cm, dimana tiap sisi elektroda tercelup cairan yaitu sedalam 6 cm di dalam reaktor batch. Limbah cair diaduk dengan pengaduk kaca yang digerakkan *mixer/stirrer* dengan kecepatan pengadukan 300 rpm. Perhitungan waktu awal

reaksi dimulai ketika sudah dilakukan penambahan H_2O_2 . Waktu elektrolisis yang digunakan adalah 60 menit dengan diambil cuplikan sampel setiap 15 menit. Proses elektrolisis selesai, selanjutnya dilakukan proses pengendapan pada flok – flok yang terbentuk. Waktu proses pengendapan yang digunakan \pm 24 jam agar endapan turun dengan sempurna. Setelah flok mengendap, diambil sampel berupa beningan yang berada diatas endapan. Kemudian dilakukan uji kadar COD polutan pada sampel dengan menggunakan metode refluks terbuka COD (SNI 06-6989.15-2004), serta dilakukan pengukuran pH limbah setelah dilakukan pengolahan elektro – fenton dengan pH meter digital ATC.

2.3 Analisis Sampel

Analisis nilai COD pada sampel limbah cair Rumah Sakit setelah proses elektro – fenton dilakukan dengan metode refluks terbuka COD (SNI 06-6989.15-2004). Tahap pertama uji yaitu tahap refluks yang dilakukan adalah dengan cara mengambil sampel limbah Rumah Sakit sebanyak 10 mL ke dalam erlenmeyer 250 mL, kemudian ditambahkan 0,2 gram serbuk $HgSO_4$ dan beberapa batu didih. Selanjutnya ditambahkan dengan larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N sebanyak 5 mL dan 15 mL pereaksi asam sulfat – perak sulfat ($Ag_2SO_4.H_2SO_4$) secara perlahan – lahan sambil didinginkan dalam air pendingin. Hubungkan dengan pendingin *Liebig* dan didihkan diatas *hot plate* untuk dilakukan refluks selama 2 jam. Tahap selanjutnya adalah titrasi antara larutan hasil refluks sebelumnya dengan menambahkan indikator ferroin sebanyak 2-3 tetes. Kemudian titrasi dengan larutan FAS 0,1 N. Larutan FAS sebelum di titrasi dengan sampel refluks dilakukan uji standarisasi dengan kalium dikromat untuk mengetahui normalitasnya. Berikut ini adalah perhitungan yang digunakan untuk menentukan nilai COD :

$$COD_{(mg/L)} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 8000}{V_s} \quad (11)$$

Keterangan :

COD = Chemical Oxygen Demand

V_1 = Volume titrasi dari larutan standar

V_2 = Volume titrasi dari larutan standar
titrasi sampel (mL)

V_s = Volume sampel (mL)

N = Molaritas FAS (M)

Penentuan penurunan kadar COD ditentukan persamaan sebagai berikut :

$$COD_{reduction} (\%) = \frac{COD_0 - COD_t}{COD_0} \times 100 \quad (12)$$

Keterangan :

$COD_{reduction}$ = Efisiensi penurunan kadar COD , %

COD_0 = nilai COD awal sampel

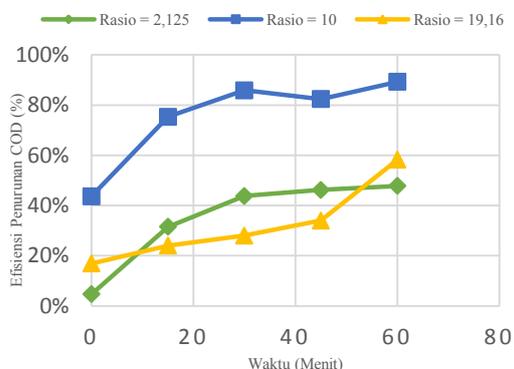
COD_t = nilai COD akhir sampel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi terhadap air limbah Rumah Sakit Kota Yogyakarta. Air limbah Rumah Sakit diperoleh dari bak equalisasi instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Air limbah ini merupakan limbah cair dari kegiatan limbah medis dan non medis (domestik). Karakteristik yang diuji meliputi kadar COD dan pH limbah. Diperoleh hasil uji karakteristik dengan menggunakan metode refluks terbuka COD (SNI 06-6989.15-2004) yaitu sebesar 421,0304 mg/L dengan pH 7,3.

Parameter yang penting dalam proses Elektro – Fenton adalah adanya penambahan H_2O_2 . Hidrogen peroksida (H_2O_2) berguna untuk memberikan kondisi maksimum dalam proses reaksi fenton. Diketahui bahwa Elektro – Fenton merupakan kombinasi antara metode Elektro – Koagulasi dan Fenton, maka H_2O_2 sangat berperan penting dalam proses ini. Penambahan H_2O_2 perlu dilakukan perhitungan rasio. Jumlah H_2O_2 yang digunakan perlu disesuaikan dengan kadar COD awal limbah. Apabila kadar COD awal limbah tinggi maka kebutuhan H_2O_2 juga semakin banyak. Untuk mengetahui pengaruh H_2O_2 terhadap penurunan COD limbah, maka penelitian ini dilakukam variasi H_2O_2/COD . Rasio 2,125 (g/g) merupakan rasio secara perhitungan dengan cara stokiometri ($H_2O_{2konsumsi}/COD_{penghilangan}$) digunakan untuk menghilangkan COD keseluruhan pada limbah (Collivignarelli *et al.*, 2017). Oleh karena itu, rasio H_2O_2/COD divariasikan dengan meningkatkan nilai rasio H_2O_2/COD sebesar 10 dan 19,16 (g/g). Adapun tegangan dibuat konstan 4 volt. Berdasarkan variasi

rasio H_2O_2/COD terhadap limbah cair Rumah Sakit dapat dibuat grafik hubungan antara waktu dan efisiensi penurunan COD (%).



Gambar 4. Efisiensi penurunan COD limbah tiap waktu terhadap variasi rasio H_2O_2/COD (g/g)

Berdasarkan grafik pada gambar.4, dapat diketahui bahwa rasio H_2O_2/COD sebesar 2,125 hanya mampu menurunkan COD sebesar 47,78 %. Sedangkan, pada rasio 10 dapat menurunkan COD limbah dengan efisiensi 89,29 %. Hasil efisiensi penurunan COD air limbah tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu dengan metode fenton (Setiawan *et al.*, 2020) dapat menurunkan kadar COD sebesar 55,07% dan metode sonochemical (Kusuma *et al.*, 2017) memperoleh efisiensi penurunan COD sebesar 81,88%.

Pada gambar 4, nilai efisiensi pada rasio 10 jauh lebih besar jika dibandingkan dengan rasio secara stokiometrinya. Selanjutnya pada rasio H_2O_2/COD sebesar 19,16 hanya memperoleh efisiensi sebesar 58,23 %. Efisiensi penurunan COD rasio 19,16 nilainya lebih kecil jika dibandingkan dengan penggunaan rasio 10. Dari ketiga variasi tersebut, efisiensi penurunan COD kondisi maksimum adalah pada rasio H_2O_2/COD 10 (g/g) dengan waktu kontak 60 menit.

Dari peristiwa tersebut dapat diketahui bahwa perlu dipertimbangkan penentuan penambahan H_2O_2 . Jumlah H_2O_2 yang sangat sedikit menyebabkan kurangnya kebutuhan radikal hidroksil (OH^*) pada limbah. Sehingga proses Elektro – Fenton kurang maksimum dalam menurunkan kadar COD limbah. Apabila jumlah H_2O_2 ditambahkan

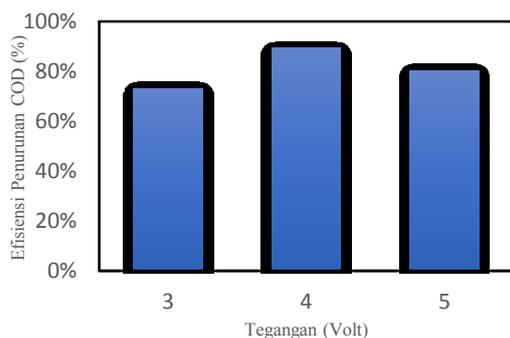
juga dapat mempengaruhi proses Elektro – Fenton, yaitu proses dapat lebih cepat dalam mendegradasi senyawa organik pada limbah serta meningkatkan proses oksidasi (Hakika *et al.*, 2019).

Seperti terlihat dalam pada gambar 4, fenomena efisiensi penurunan COD pada tiap waktu dari 0 menit hingga 60 menit pada masing – masing rasio H_2O_2/COD . Pada rasio 10 diketahui ketika waktu 0 menit memperoleh efisiensi lebih besar dibandingkan waktu ke 0 menit rasio 2,125 dan 19,16 yang hanya memperoleh efisiensi penurunan COD berturut – turut sebesar 4,68 % dan 16,88 %. Hal ini menunjukkan rasio 10 merupakan kondisi maksimum proses Elektro – Fenton pada limbah Rumah Sakit, serta reaksinya juga terjadi dengan cepat dalam mendegradasi senyawa organik sehingga mendapatkan efisiensi penurunan COD limbah yang tinggi.

Penambahan rasio H_2O_2/COD dari 10 ke 19,16 menunjukkan bahwa setelah rasio ditambahkan diperoleh efisiensi yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi H_2O_2 tidak selalu meningkatkan oksidasi, sehingga diperlukan dosis maksimum H_2O_2 untuk mengetahui tingkat oksidasi dalam proses (Cortez, 2011). Pada gambar 4, grafik menunjukkan pada rasio 2,125 dan 10 terjadi kenaikan efisiensi yang cukup signifikan pada waktu 30 menit. Fenomena tersebut menunjukkan senyawa organik terdegradasi dengan cepat. H_2O_2 bereaksi dengan katalis elektroda besi kemudian membentuk OH^* , dimana sebagian besar pemindahan senyawa organik terjadi pada 30 menit awal kemudian setelah 30 menit penurunan kadar COD melambat (Wang *et al.*, 2019). Sedangkan rasio 19,16 mengalami kenaikan efisiensi penurunan COD yang signifikan pada waktu 45 menit. Hal ini dapat diakibatkan adanya kelebihan penggunaan dosis H_2O_2 . Sehingga mengganggu proses analisis COD , dimana sisa H_2O_2 yang bereaksi dengan $K_2Cr_2O_7$ yang dapat mengakibatkan peningkatan jumlah senyawa organik pada sampel (Kang *et al.*, 2002). Penggunaan jumlah H_2O_2 dengan jumlah besar sangat berpengaruh pada nilai ekonomis pengolahan limbah yaitu bertambahnya biaya pengolahan.

Tegangan listrik pada rangkaian proses Elektro - Fenton divariasikan untuk mengetahui

seberapa pentingnya pengaruh parameter tersebut selama proses penurunan kadar COD berlangsung. Dalam penelitian ini dilakukan variasi tegangan yang terdiri 3 volt, 4 volt, dan 5 volt. Adapun rasio H_2O_2/COD yang digunakan sebesar 10 (g/g) dengan kondisi konstan. Dampak variasi tegangan terhadap efisiensi penurunan COD disajikan pada Gambar 5.

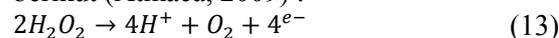


Gambar 5. Efisiensi penurunan COD limbah tiap waktu terhadap variasi tegangan

Berdasarkan data yang diperoleh dari grafik tersebut, diketahui bahwa efisiensi penurunan COD yang paling maksimum adalah pada tegangan 4 volt dalam waktu kontak 60 menit diperoleh sebesar 89,29 %. Sedangkan efisiensi penurunan COD yang paling kecil adalah tegangan 3 volt yang memperoleh efisiensi sebesar 73,03 %. Hasil efisiensi penurunan tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu metode Elektro - Koagulasi pada limbah Rumah Sakit (Murdani *et al.*, 2018) yang dapat menurunkan COD sebesar 65,039%.

Data dari gambar 5 tersebut menunjukkan bahwa dalam proses Elektro – Fenton, tingkat produksi H_2O_2 pada katoda meningkat ketika kuat tegangan dan kuat arus meningkat. Hal tersebut akan menjadikan proses degradasi senyawa organik pada limbah meningkat. Peningkatan voltase (tegangan) akan memberikan pengaruh terhadap katalis, katalis tersebut akan mengalami oksidasi yang mengakibatkan Fe^{2+} akan teroksidasi menjadi Fe^{3+} sehingga $Fe(OH)_3$ yang terbentuk akan semakin besar. Sehingga mampu lebih banyak mereduksi senyawa organik yang terkandung dalam limbah (Apyadin, 2013).

Grafik pada gambar 5 menunjukkan bahwa tegangan 5 volt memperoleh efisiensi penurunan COD lebih rendah dibandingkan tegangan 4 volt yaitu hanya dapat memperoleh efisiensi sebesar 80,39 %. Fenomena tersebut dapat diketahui jika peningkatan tegangan tidak selalu dapat meningkatkan proses penghilangan polutan COD . Dalam proses Elektro – Fenton dibutuhkan penambahan H_2O_2 sebagai oksidator. Produksi H_2O_2 akan meningkat apabila tegangan juga meningkatkan. Apabila H_2O_2 habis bereaksi sebelum habis waktu prosesnya, maka radikal hidroksil yang terbentuk melalui reaksi fenton cenderung akan tidak terbentuk. Sehingga, ketika reaksi masih berjalan penurunan kadar COD akan kurang optimal. Semakin tingginya tegangan yang digunakan ketika proses berjalan produksi Fe^{2+} semakin besar kemudian akan terjadi reaksi pembentukan OH^- yang lebih banyak juga dari pada ion H^+ maka pH menjadi lebih basa (J A R & Priyadi, 2019). Fenomena tersebut juga kemungkinan disebabkan adanya reaksi gangguan sebagai berikut (Atmaca, 2009) :



4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil adalah, metode Elektro – Fenton dipengaruhi oleh rasio H_2O_2/COD (g/g) dan tegangan listrik. Kondisi maksimum Elektro – Fenton dalam menurunkan kadar COD air limbah Rumah Sakit adalah pada rasio H_2O_2/COD 10 (g/g), tegangan 4 volt dengan waktu kontak 60 menit yang memperoleh efisiensi penurunan COD sebesar 89,29 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Alizadeh Fard, M., & Barkdoll, B. (2018). Effects of oxalate and persulfate addition to Electro-fenton and Electro-fenton-Fenton processes for oxidation of Ketoprofen: Determination of reactive species and mass balance analysis. *Electrochimica Acta*, 265, 209–220. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2018.01.153>
- Atmaca, E. (2009) 'Treatment of landfill leachate by using electro-Fenton method', *Journal of Hazardous*

- Materials*, 163(1), pp. 109–114. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.06.067.
- BPPT. (2012). Pengelolaan Limbah Rumah Sakit Menuju Green Hospital. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Tersedia dalam : <http://www.bppt.go.id/index.php/component/content/article/62-teknologi-kelautan-dan-kedirgantaraan/1299-pengelolaan-limbah-rumah-sakit-menuju-green-hospital> (diakses tanggal 20 November 2019)
- Chairunnisak, A., Arifin, B., Sofyan, H., Lubis, M.R. and Darmadi., 2018, Comparative study on the removal of COD from POME by electrocoagulation and electro-Fenton methods: Process optimization, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 334 (1), available at:<https://doi.org/10.1088/1757-899X/334/1/012026>.
- Collivignarelli, M. C., Pedrazzani, R., Sorlini, S., Abbà, A., & Bertanza, G. (2017). H₂O₂ based oxidation processes for the treatment of real high strength aqueous wastes. *Sustainability (Switzerland)*, 9(2), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su9020244>
- Cortez, S., Pilar T., Rosario, O., Manuel, M.2011. "Evaluation of Fenton and Ozone-Based advanced Oxidation Processes as Mature Landfill Leachate Pre-treatments". *Journal of Environmental Management* 92:749-755.
- Hakika DC, Sarto S, Mindaryani A, Hidayat M. Decreasing COD in sugarcane vinasse using the fenton reaction : The effect of processing parameters. *Catalysts*. 2019; 9 (11): 881.
- Hasibuan, H. (2009). Tinjauan Yuridis Terhadap Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di Rumah Sakit Umum Pusat H. Adam Malik Medan. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- J A R, N. R., & Priyadi, A. R. (2019). Penurunan Kadar COD Dan Warna Limbah Industri Tekstil Dengan Metode Elektro-Fenton. *Jurnal Envirotek*, 11(2), 14–23. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v11i2.9>
- Kang SF, Liao CH, Chen MC. Pre-oxidation and coagulation of textile wastewater by the Fenton process. *Chemosphere*. 2002; 46 (6): 923-928. DOI: 10.1016/s0045-6535(01)00159-x.
- Kurt, U., Apaydin, O., & Gonullu, M. T. (2007). Reduction of COD in wastewater from an organized tannery industrial region by Electro-Fenton process. *Journal of Hazardous Materials*, 143(1–2), 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.08.065>
- Kusuma, L., Darmadi, & Adisalamun. (2017). Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Secara Sonochemical The Treatment of Hospital Wastewater by Sonochemical Method. *Jurnal Litbang Industri*, 7(1). http://ejournal.kemenperin.go.id/jli/article/view/2691/pdf_32
- Murdani, Jakfar, Ekawati, D., Nadira, R., & Darmadi. (2018). Application of Response Surface Methodology (RSM) for wastewater of hospital by using electrocoagulation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 345(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/345/1/012011>
- Paramo-Vargas, J., Camargo, A. M. E., Gutierrez-Granados, S., Godinez, L. A., & Peralta-Hernandez, J. M. (2015). Applying electro-Fenton process as an alternative to a slaughterhouse effluent treatment. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 754, 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2015.07.002>
- Purnama, B. (2014). Unit Aerasi , Sedimentasi , dan Biosand Filter Sebagai Pereduksi COD , TSS , Nitrat , dan Fosfat Air Limbah Artificial (Campuran Grey dan Black Water). *Tugas Akhir*, 1–5.
- Rahmah, R., & Mulasari, S. A. (2016). Pengaruh Metode Koagulasi, Sedimentasi Dan Variasi Filtrasi Terhadap Penurunan Kadar Tss, COD Dan Warna Pada Limbah Cair Batik. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 7. <https://doi.org/10.26555/chemica.v2i1.4560>
- Setiawan, O., & Cahyono, B. (2020). Pengaruh pH Umpan dan Rasio COD / H₂O₂ terhadap Penurunan COD pada Limbah Cair Rumah Sakit Melalui Metode Fenton. Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan.
- Wang, Z., Li, J., Tan, W., Wu, X., Lin, H., & Zhang, H. (2019). Removal of COD from landfill leachate by advanced Fenton process combined with electrolysis. *Separation and Purification*

Technology, 208(June 2018), 3–11.
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.06.048>

Wiratini, N. M. (2017). *Pengaruh variasi jarak elektroda pada sel elektrokimia untuk mendegradasi lindi dengan teknik elektrooksidasi elektrokoagulasi*. 291–295.