

Penurunan Konsentrasi COD Air Limbah Domestik dengan Reagen Fenton secara Batch

Elfiana

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh – Medan, Km 280,3 Buketrata, Lhokseumawe, 24301
elfiana_72@yahoo.com

Abstrak

Air limbah domestik merupakan jenis limbah kompleks mengandung senyawa organik, anorganik, padatan tersuspensi, koloida, padatan terlarut dan mikroorganisme, bersifat biodegradable dan nonbiodegradable, dihasilkan oleh aktivitas manusia sehari-hari, dan termasuk jenis limbah yang paling sering dibuang ke lingkungan. Penanganan limbah domestik yang tidak realible dan efektif justru akan meningkatkan potensi pencemaran, baik pencemaran tanah, air tanah maupun air permukaan. Hasil pengukuran konsentrasi COD air limbah domestik kota Lhokseumawe pada saluran drainase yang bermuara ke Waduk reservoir Gampong Pusong kecamatan Banda Sakti kota Lhokseumawe berkisar 4160 mg/L, secara visual memberikan warna air yang gelap dan berbau. Oleh sebab itu perlu difikirkan suatu teknologi yang mudah, murah dan handal untuk mengelola air limbah domestik. Salah satu teknologi lanjut untuk pengolahan air limbah organik tinggi adalah Advanced Oxidation Processes (AOP), mengandalkan radikal hidroksil (HO^\bullet) sebagai oksidator reaktif untuk kontaminan air. Kehadiran hydrogen peroksida (H_2O_2) bersama garam besi ($\text{Fe}[\text{II}]$) disebut Reagen Fenton menjadi salah satu sumber yang baik terbentuknya radikal hidroksil. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi COD menggunakan Reagen Fenton dengan memvariasikan konsentrasi garam besi berdasarkan perbandingan berat Fe^{2+} terhadap H_2O_2 . Penelitian dilakukan dalam suatu reaktor batch skala laboratorium, menggunakan hydrogen peroksida teknis 15,6 mM (530,4 mg/L) dan $\text{Fe}[\text{II}]:\text{H}_2\text{O}_2 = 1:5; 1:15$ dan $1:45_{(\text{wt}/\text{wt})}$ selama waktu proses 240 menit. Hasil penelitian menunjukkan persentase penurunan konsentrasi COD (%RCOD) terbesar 78,85% pada perbandingan $\text{Fe}[\text{II}]: \text{H}_2\text{O}_2 = 1:5_{(\text{wt}/\text{wt})}$.

Kata kunci: COD Air Limbah Domestik, Radikal Hidroksil, Reagen Fenton

1 Pendahuluan

Air limbah domestik atau air limbah perkotaan adalah seluruh buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh kegiatan yang meliputi limbah domestik cair yakni buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, limbah perkantoran dan limbah dari daerah komersial serta limbah industri. KepMenLH No. 112 tahun 2003 ayat 1 pasal 1 menegaskan bahwa air limbah domestik adalah air yang berasal dari usaha dan atau kegiatan pemukiman (real estate), rumah makan (restauran),

perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Sehingga campuran rumit air limbah domestik sangat komplis meliputi bahan organik, anorganik, padatan tersuspensi, koloida, padatan terlarut dan mikroorganisme. Senyawa organik yang terlarut dalam air dapat mengganggu kehidupan makhluk air, karena mengurangi jumlah oksigen terlarut dalam air. Oleh karena itu penetapan bahan kadar organik dinyatakan dengan COD dalam air sangat penting untuk diteliti.

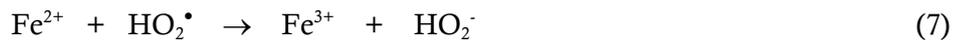
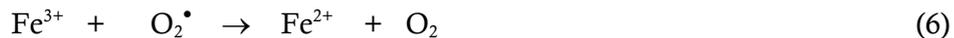
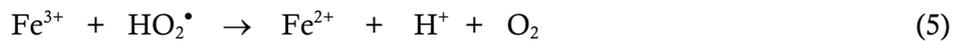
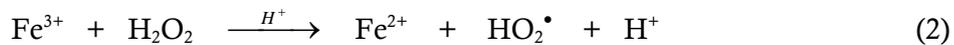
COD (*Chemical oxygen Demand*) air limbah adalah jumlah oksigen (mgO_2/L) yang dibutuhkan secara kimiawi untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam air limbah atau air buangan. Air limbah domestik dengan konsentrasi $\text{COD} > 800 \text{mg/L}$ merupakan tingkat pencemaran berat, $600 \text{mg/L} < \text{COD} < 800 \text{mg/L}$ adalah tingkat pencemaran sedang, dan $400 \text{mg/L} < \text{COD} < 600 \text{mg/L}$ adalah tingkat pencemaran ringan (Rump and Krist (1992) dikutip Effendi (2003) dalam Sasongko, L.A.,2006).

Laju penghasil air limbah domestik biasanya antara 30 – 70 m³ perorang per tahun atau 83-194 liter perorang perhari (Mara, D dan Cairncross (1994) dalam Sasongko, L.A.,2006). Limbah tersebut secara langsung maupun tidak langsung akan mencapai badan air (air tanah, sungai, dan danau) sehingga mempengaruhi kualitas badan air. Jika permasalahan air limbah tidak dikelola dengan benar maka tingkat resiko pencemaran lingkungan akibat air limbah adalah tinggi dan sudah tentu menjadi parameter kemunduran teknologi. Seperti halnya air limbah domestik kota Lhokseumawe hampir seluruhnya dialirkan melalui drainase kota yang bermuara pada waduk reservoir Gampong Pusong kota Lhokseumawe. Semula waduk dirancang untuk mengatasi masalah banjir kota, akan tetapi saat ini menjadi tempat penampungan akhir aliran air limbah domestik dari seluruh drainase kota tanpa disertai pengolahan. Secara visual waduk dapat dikatakan sudah tercemar, karena di sekitar waduk telah mengeluarkan bau yang tak sedap, warna air terlihat gelap, dan di bagian tepi waduk mulai terlihat banyaknya tumpukan busa dan mulai mendangkal. Namun tingkat cemarannya dapat kita ketahui setelah dilakukan karakterisasi air limbah domestik inlet waduk maupun air waduk itu sendiri melalui analisa parameter COD. Walaupun demikian sudah seyogyanya perlu difikirkan bagaimana mengurangi tingkat pencemaran waduk tersebut. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengolahan air limbah domestik sederhana, efektif dan realible yang menjanjikan dapat menekan tingkat pencemaran seminimum mungkin. Penelitian ini menawarkan proses pengolahan air limbah domestik secara oksidasi kimia lanjut (AOP, *Advanced Oxidation Processes*) menggunakan Reagen Fenton yang telah terbukti dapat menurunkan konsentrasi beberapa senyawa organik (Rodriquez, 2003).

Reagen fenton merupakan larutan yang berisi campuran hydrogen peroksida (H_2O_2) dan katalis garam besi [II] pada pH asam, digunakan dalam proses fenton sebagai sumber radikal hidroksil (HO^\bullet). Penggunaan reagen Fenton di dalam proses dibuat atas perbandingan berat antara hydrogen peroksida dan garam besi [II]. Garam besi [II] yang diperlukan adalah seperduapuluh sampai seperlima bagian berat hydrogen peroksida (Watt, 1998). Proses Fenton didasarkan pada perpindahan electron H_2O_2 dan aktivitas Fe^{2+} sebagai katalis homogen. Proses oksidasinya didasarkan pada campuran hidrogen peroksida (H_2O_2) dan garam besi (Fe[II]) untuk menghasilkan

radikal hidroksil (OH^\bullet) pada pH asam, dan radikal hidroksil ini bereaksi dengan cepat dalam lingkungan air. Antara H_2O_2 dan $\text{Fe}[\text{II}]$ juga dapat bereaksi dengan OH^\bullet dan oleh karenanya dapat menghambat jalannya proses oksidasi jika keduanya tidak pada dosis optimumnya (Tang and Huang, 1996 dalam Dincer, 2008). Beberapa literatur menyarankan perbandingan massa $\text{Fe}[\text{II}]$ dan H_2O_2 adalah 1-10_(wt/wt) (Torrades et al., 2003 dalam Dincer, 2008), atau 5-25_(wt/wt) (Watts, 1998), dan optimumnya sesuai dengan jenis air limbahnya (Metcalf and Eddy, 2003).

Menurut Sychev and Isak (1995) dalam Rodriquez (2003) bahwa radikal HO^\bullet dalam larutan memecah hampir semua senyawa organik. Proses regenerasi logamnya dapat mengikuti path berbeda. Untuk logam transisi Fe, skemanya digambarkan dalam persamaan reaksi berikut (Watts, 1998):



Radikal hidroksil dalam air limbah akan mengalami reaksi kimia dengan beberapa cara (Metcalf&Eddy, 2003) yaitu:

1. Radical Addition ($\text{RH} + \text{HO}^\bullet \rightarrow \text{ROH}$)

Proses addisi radikal hidroksil pada senyawa alifatik unsaturated atau senyawa aromatik (C_6H_6) menghasilkan senyawa organik radikal, dapat dioksidasi oleh Fe^{2+} atau oksigen menjadi produk stabil

2. Hydrogen Abstraction ($\text{RH} + \text{HO}^\bullet \rightarrow \text{R}^\bullet + \text{H}_2\text{O}$)

Radikal hidroksil meremoval atom hidrogen dari senyawa organik, menyebabkan terbentuk radikal organik (R^\bullet), kemudian terjadi reaksi rantai, dimana R^\bullet bereaksi dengan oksigen menghasilkan radikal peroxy, dan dapat bereaksi dengan senyawa organik lain, dst.

3. Electron Transfer ($\text{R}'' + \text{HO}^\bullet \rightarrow \text{R}''^{\cdot-} + \text{OH}^-$)

Perpindahan ion menyebabkan terbentuknya ion bervalensi lebih tinggi

4. Radical Combination ($\text{HO}^\bullet + \text{HO}^\bullet \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$)

Dua radikal hidroksil berkombinasi membentuk senyawa stabil.

Dalam proses Fenton, radikal hidroksil akan bereaksi dengan senyawa organik dengan cara **Radical Addition** dan **Hydrogen Abstraction**, dengan reaksi mengikuti kinetika reaksi orde dua dan konstanta laju reaksi berkisar $10^9 - 10^{10} \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ (Jones, 1999). Menurut Rodriquez (2003), laju reaksi reagen Fenton umumnya dibatasi oleh laju pembentukan HO^\bullet , dimana sangat tergantung pada konsentrasi katalis besi dan spesifik air limbah yang akan diolah. Oleh sebab itu reaksi Fenton akan mengikuti kinetika reaksi orde dua. Akan tetapi sangat sulit mengetahui mekanisme radikal hidroksil yang terjadi karena radikal hidroksil mempunyai life time yang sangat

pendek. Oleh karena itu mekanisme reaksi fenton yang terjadi biasanya hanya dapat ditentukan melalui eksperimen skala laboratorium (Schwarzenbach, 1993).

Dalam skala laboratorium, proses Fenton ($\text{Fe}[\text{II}]/\text{H}_2\text{O}_2$) telah terbukti dapat digunakan untuk mengolah limbah organik berbahaya, seperti formaldehid, fenol, BTEX, limbah kayu dan pelastik. Proses Fenton skala laboratorium telah diuji coba untuk menurunkan konsentrasi COD air limbah oil recovery sampai 86% pada $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ 8,658 dengan konsentrasi H_2O_2 200,52 g/l dan Fe^{2+} 23,16 g/l dalam waktu reaksi 60 menit (Dincer, A.R, 2008). Penambahan reagen fenton (Fe^{2+} dan H_2O_2 1:4) pada dosis 40 g/l mampu menurunkan 96% konsentrasi COD air limbah industri plasticizier selama waktu reaksi 1-24 jam (Purwanti, I.F., dan Baskoro, U., 2008). Proses Fenton dalam reaktor batch skala laboratorium juga telah digunakan untuk menurunkan 95,15% konsentrasi LAS 50 mg/L menjadi 2,4 mg/L pada dosis H_2O_2 141,168 mg/L dan $\text{Fe}[\text{II}]$ 3,14 mg/L ($\text{Fe}[\text{II}]/\text{H}_2\text{O}_2 = 1:45_{(\text{wt}/\text{wt})}$) selama waktu reaksi 360 menit (Elfiana, 2007). Sedangkan untuk konsentrasi COD air limbah rumah sakit hanya dapat turun 87% menggunakan reagen fenton dengan perbandingan massa $\text{Fe}[\text{II}]/\text{H}_2\text{O}_2 = 1:25_{(\text{wt}/\text{wt})}$ (Elfiana, 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi COD air limbah domestik menggunakan Reagen Fenton dengan memvariasikan konsentrasi garam besi berdasarkan perbandingan berat $\text{Fe}[\text{II}]$ terhadap H_2O_2 . Air limbah domestik berasal dari pintu 1 inlet waduk reservoir Gampong Pusong kota Lhokseumawe. Penelitian dimulai dengan karakterisasi air limbah domestiknya, menentukan dosis H_2O_2 yang tepat dan memvariasikan konsentrasi $\text{Fe}[\text{II}]$ berdasarkan perbandingan berat $\text{Fe}[\text{II}]:\text{H}_2\text{O}_2$ pada dosis H_2O_2 optimum. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif, efektif dan efisien sebagai upaya awal dalam mengembangkan proses pengolahan air limbah domestik yang ekonomis dari segi biaya dan handal dari segi performansi prosesnya.

2 Metodologi

2.1 Karakteristik Air Limbah Domestik

Sample air limbah domestik diambil dari pintu 1 inlet waduk reservoir Gampong Pusong kota Lhokseumawe untuk diuji sifat biofisikakimianya berdasarkan parameter pH, COD, MBAS, turbidity dan temperature. Hasil karakterisasi sifat biofisikakimia air limbah domestik yang digunakan disimpulkan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Karakterisasi air limbah domestik

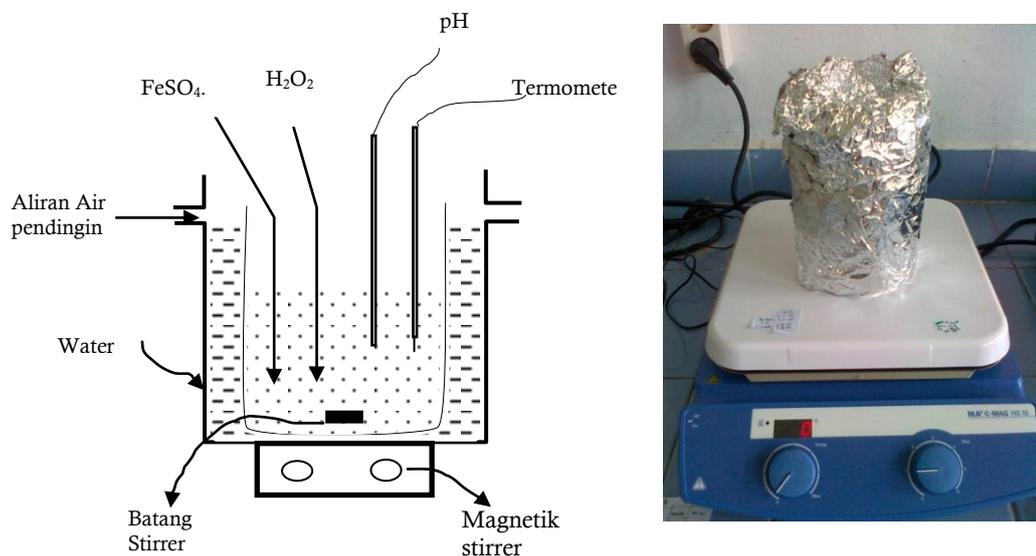
Parameter	Satuan	Nilai
pH		8,67
Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/l	4160
Deterjen (MBAS)	%	5,781
Turbidity	NTU	31,30
Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	30

2.2 Reagen

Hydrogen peroxida grade teknis (H_2O_2 35%; density 1,11 kg/l; BM 34 g/gmol; BE 17). Ferrous sulphate heptahydrate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Merck; BM 278 g/gmol) digunakan sebagai sumber Fe^{2+} . Pereaksi analisa COD ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; HgSO_4 ; H_2SO_4 ; Ag_2SO_4 ; FAS; indicator feroin). Pereaksi analisa excess H_2O_2 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; Na_2CO_3 ; KI; HCl). Semua larutan dipersiapkan dengan menggunakan air demineral dan dipersiapkan setiap kali percobaan.

2.3 Peralatan

Percobaan dilakukan dalam reaktor Fenton sistim batch, terdiri dari beaker glass 2L sebagai reaktor, stirrer dan magnetik stirrer untuk pengadukan. Reaktor dilapisi aluminium foil untuk menjaga sistim dalam reaktor tidak dipengaruhi lingkungan luar reaktor. Rangkaian reaktor Fenton ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaktor Fenton sistim batch

2.4 Prosedur Percobaan

Percobaan dilakukan dalam dua tahap yaitu penentuan dosis H_2O_2 optimum dan percobaan utama. Percobaan penentuan dosis H_2O_2 optimum dilakukan dengan mereaksikan air limbah domestik dengan H_2O_2 5,2mM, 10,4mM, 15,6mM, 20,8mM dan 26mM. Mula-mula air limbah domestik dimasukkan ke dalam reaktor sebanyak 1,4 L, kemudian diukur pH, temperaturnya, COD dan turbidity untuk mengetahui kondisi awal air limbahnya. Kemudian 1,8 ml H_2O_2 5,2mM secara perlahan dan cepat ditambahkan ke dalam reaktor tersebut dengan kondisi stirrer telah dihidupkan. Pastikan larutan bercampur homogen agar reaksi yang terjadi di setiap titik diasumsikan sama. Pengamatan perubahan konsentrasi COD dan excess H_2O_2 dianalisa setiap 60 menit selama 240 menit waktu proses, sedangkan turbidity diukur pada akhir proses yaitu pada waktu 240 menit. Percobaan diulangi untuk konsentrasi H_2O_2 10,4mM (3,6 ml); H_2O_2 15,6mM (5,4 ml); H_2O_2 20,8mM (7,2 ml); dan H_2O_2 26mM (9 ml).

Percobaan utama dilakukan dengan mereaksikan air limbah domestik dengan H_2O_2 pada dosis H_2O_2 optimum dengan keberadaan garam besi [II] di dalamnya. Ke dalam reaktor berisi air limbah 1,4 liter tambahkan garam besi $Fe[II]$ secara perlahan dan stirrer dihidupkan, pastikan larutan homogen. Dalam waktu yang singkat setelah penambahan garam besi, tambahkan H_2O_2 secara perlahan dan cepat, pastikan juga larutan homogen dan reaksi tetap terjadi setiap titik. Konsentrasi garam besi yang ditambahkan mengikuti perbandingan $Fe[II]:H_2O_2 = 1:5; 1:15; \text{ dan } 1:45_{(wt/wt)}$. Pengukuran pH, temperatur, COD dan turbidity dilakukan setiap 60 menit sampai 240 menit.

2.5 Analisa

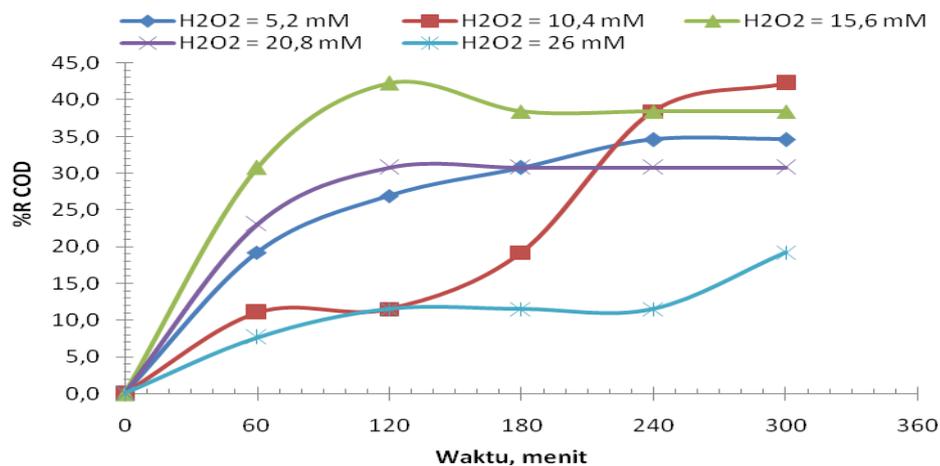
Pengukuran pH dan temperatur air limbah menggunakan alat pH meter merk HANA HI 8424. Analisa COD diukur menggunakan metode Closed Reflux Titrimetric. Sedangkan analisa excess H_2O_2 diukur secara Iodometri. Pada selang waktu tertentu (60, 120, 180 dan 240 menit) sample sebanyak 5 ml diambil dari reaktor dan diukur COD dan excess H_2O_2 . pH dan temperature diukur langsung di dalam reaktor

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil karakterisasi yang ditunjukkan pada Tabel 1 diperoleh konsentrasi COD air limbah domestiknya adalah 4160 mg/L. Jika merujuk kepada KepmenLH No. 112 tahun 2003, maka air limbah domestik tersebut telah melebihi nilai ambang batas yang diperbolehkan. Air limbah domestik dengan konsentrasi $COD \geq 800 \text{ mg/L}$ merupakan tingkat pencemaran berat, $600 \text{ mg/L} \leq COD < 800 \text{ mg/L}$ adalah tingkat pencemaran sedang, dan $400 \text{ mg/L} \leq COD < 600 \text{ mg/L}$ adalah tingkat pencemaran ringan (Rump and Krist (1992) dikutip Effendi (2003) dalam Sasongko, L.A., 2006). Dapat disimpulkan bahwa saluran drainase pintu I inlet waduk Pusong tersebut katagori pencemaran berat.

3.1 Penentuan Dosis H_2O_2 optimum

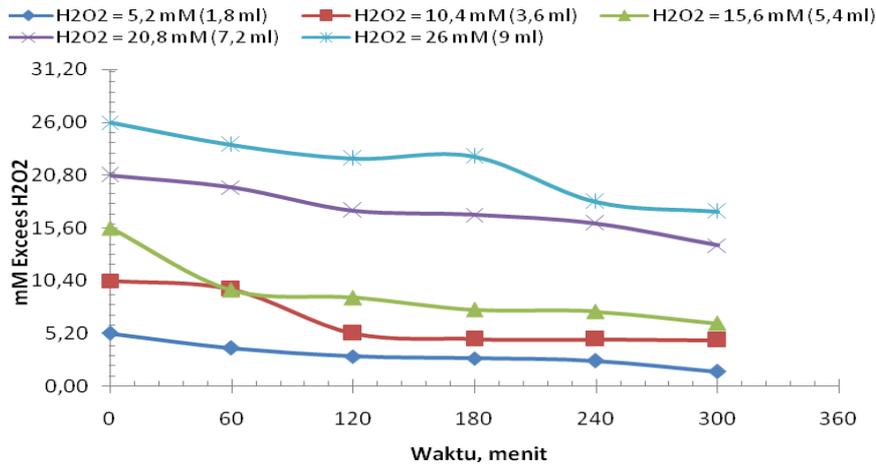
Proses pengolahan air limbah dengan Fenton tentulah melibatkan H_2O_2 sebagai reagen dasar untuk menjadi basis perhitungan dalam penentuan formula reagen fenton atas perbandingan berat Fe^{2+} terhadap H_2O_2 . Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian pendahuluan untuk menentukan dosis H_2O_2 optimum dalam pengolahan air limbah domestik sehingga diketahui konsentrasi H_2O_2 yang paling baik dapat menurunkan konsentrasi COD serendah-rendahnya. Proses pengolahan air limbah secara reaksi kimia dengan H_2O_2 saja tanpa kehadiran Fe^{2+} selama reaksi disebut proses Peroksidasi. Oleh sebab itu penelitian pendahuluan yang pertama sekali dilakukan adalah proses Peroksidasi dengan konsentrasi H_2O_2 berkisar 5,2 – 26 mM di dalam reaktor sistim batch seperti ditunjukkan pada Gambar 1 sebelumnya. Hasil yang diperoleh ditunjukkan secara grafis dalam Gambar 2.



Gambar 2. Penentuan dosis H₂O₂ optimum berdasarkan %R_{COD} dari beberapa variasi konsentrasi H₂O₂

Grafik perubahan persentase penurunan COD (%R_{COD}) terhadap waktu yang ditunjukkan dalam Gambar 2 dapat menjelaskan bahwa semua perlakuan dengan menggunakan variasi konsentrasi H₂O₂ berkisar 5,2 – 26 mM menyebabkan %R_{COD} yang diperoleh semakin besar dengan bertambahnya waktu reaksi. Hal ini menunjukkan bahwa proses Peroksidasi dapat mengoksidasi senyawa organik air limbah domestik. Dari semua perlakuan %R_{COD} tertinggi diperoleh pada konsentrasi H₂O₂ 15,6mM sebesar 42,3% pada waktu 120 menit. Hal ini menunjukkan ada kondisi terbatas dari H₂O₂ dengan kekuatannya mengoksidasi senyawa organik, sehingga kondisi inilah menjadi batasan optimum dari H₂O₂ untuk digunakan sebagai oksidator dalam air limbah spesifik, seperti air limbah domestik dari drainase pintu I inlet waduk reservoir Gampong Pusong kota Lhokseumawe.

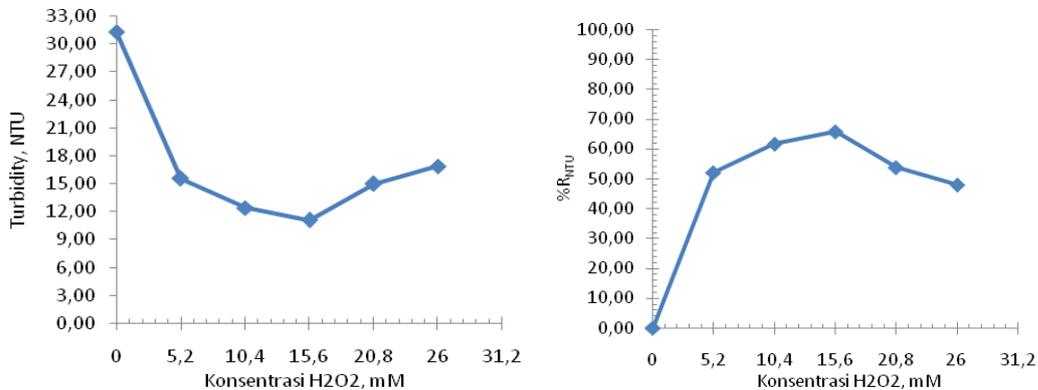
Sebenarnya proses oksidasi secara kimia (*chemical oxidation*) dapat didefinisikan sebagai proses dimana elektron berpindah dari satu substansi ke substansi lainnya. Arah perpindahan elektron ditentukan oleh potensial oksidasi yang merupakan power oksidasi dari reaksi oksidasi reduksi, dan dinyatakan dalam volt untuk menormalisir elektroda hydrogen (Rodriguez, 2004). Hidrogen peroksida (H₂O₂) merupakan oksidator kimia dengan potensial oksidasi 1,77 V lebih reaktif dibanding Permanganate (1,67 V) dan Chlorin (1,36 V) (Munter et.al, 2001). Sehingga dengan kekuatan oksidasinya hydrogen peroksida bisa memecah senyawa organik menjadi senyawa sederhana. Oleh sebab itu, perjalanan reaksi Peroksidasi juga dapat diamati berdasarkan jumlah H₂O₂ yang dikonsumsi selama reaksi berlangsung melalui analisa excess H₂O₂ setiap jamnya selama reaksi berlangsung. Hasil yang ditunjukkan dapat dilihat pada grafik dalam Gambar 3.



Gambar 3. Profil perubahan konsentrasi H₂O₂ selama proses Peroksidasi

Grafik hubungan waktu reaksi dengan excess H₂O₂ ditunjukkan dalam Gambar 3 dapat menjelaskan bahwa semakin lama waktu reaksi semakin kecil konsentrasi excess H₂O₂ yang diperoleh, menunjukkan H₂O₂ telah terpakai untuk mengoksidasi senyawa organik.

Penentuan dosis H₂O₂ optimum juga dapat diamati melalui profil perubahan nilai turbidity air limbah domestik yang telah diolah selama waktu reaksi yang telah ditetapkan. Hasil yang diperoleh ditunjukkan dalam Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Penentuan dosis H₂O₂ optimum berdasarkan turbidity (NTU) dan %R_{NTU} air limbah secara Peroksidasi sistim batch selama waktu reaksi 240 menit

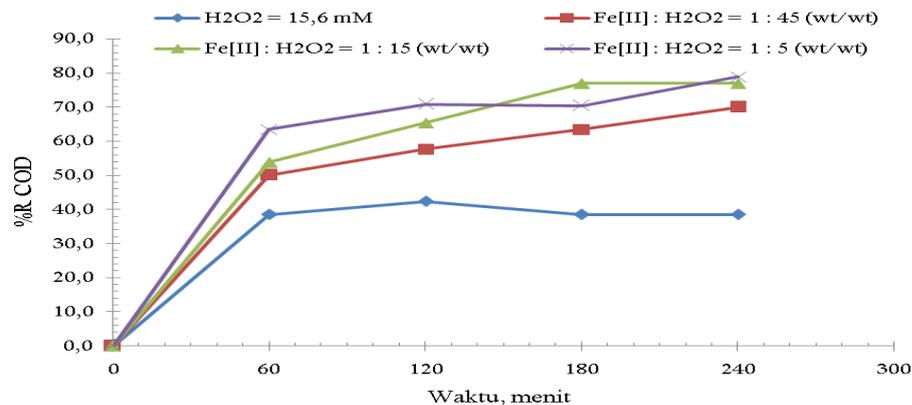
Gambar 4 memperlihatkan bahwa semakin besar konsentrasi H₂O₂ maka nilai turbiditynya semakin menurun, dan terbaik pada konsentrasi H₂O₂ 15,6 mM. Hal ini menunjukkan pada konsentrasi H₂O₂ 15,6 mM merupakan kondisi reaksi paling baik dimana %R_{COD} yang dihasilkan paling besar, laju konsumsi H₂O₂ berdasarkan excess H₂O₂ lebih stabil, sehingga nilai turbidity nya pun paling baik. Artinya air limbah setelah diolah dengan proses Peroksidasi pada konsentrasi H₂O₂ 15,6mM menjadi lebih bersih dibanding dengan variasi konsentrasi H₂O₂ yang lainnya. Dapat disimpulkan bahwa dosis H₂O₂ optimum adalah pada 15,6mM (530,4 mg/L).

3.2 Persentase penurunan konsentrasi COD (%R_{COD})

Persentase penurunan konsentrasi COD atau dinyatakan sebagai efisiensi proses didefinisikan sebagai persentase besarnya perubahan konsentrasi COD dari sebelum reaksi sampai reaksi berlangsung pada waktu tertentu, ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$\%R_{COD} = \frac{\text{Konsentrasi COD}_{(mula-mula)} - \text{Konsentrasi COD}_{(pada waktu t)}}{\text{Konsentrasi COD}_{(mula-mula)}} \times 100\% \quad (8)$$

Hasil perhitungan persentase penurunan COD (%R_{COD}) dapat diinterpretasikan sebagai unjuk kerja atau performance proses pengolahan air limbah domestik dengan reagen fenton dari berbagai variasi Fe²⁺:H₂O₂. Semakin besar nilai %R_{COD} semakin baik proses pengolahannya. Oleh sebab itu untuk mengetahui variasi reagen fenton terbaik digunakan dalam pengolahan air limbah domestik adalah dengan membandingkan %R_{COD} yang diperoleh dari setiap variasi Fe[II]:H₂O₂ = 1:5; 1:15; dan 1:45_(wt/wt) dimana konsentrasi H₂O₂ adalah 15,6 mM. Hasil penelitian yang diperoleh dari percobaan ini diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Persentase penurunan konsentrasi COD (%R_{COD}) air limbah domestik dari berbagai variasi Fe[II] : H₂O₂ = 1:5; 1:15 dan 1:45_(wt/wt)

Grafik pada Gambar 5 menunjukkan bahwa untuk semua variasi Fe[II] : H₂O₂ adalah semakin lama waktu reaksi semakin besar persentase penurunan konsentrasi COD yang diperoleh. Persentase penurunan konsentrasi COD terbesar diperoleh pada Fe[II]:H₂O₂=1:5 yaitu 78,85%, sedangkan %RCOD yang paling kecil adalah pada proses tanpa adanya Fe[II] yaitu 42,31% pada waktu 120 menit. Hal ini menunjukkan bahwa proses Fenton (H₂O₂ + Fe[II]) lebih baik dibanding proses Peroksidasi (H₂O₂ tanpa Fe[II]). Hal ini menunjukkan bahwa dalam proses Fenton sudah terbentuknya radikal hidroksil (HO[•]) yang memiliki potensial oksidasi lebih besar dibanding H₂O₂ itu sendiri sehingga %RCOD air limbah domestiknya menjadi lebih besar.

Dalam proses Fenton, H₂O₂ digunakan sebagai reagen dasar pembentukan radikal hidroksil yang terbentuk selama reaksi fenton berlangsung dengan kehadiran garam besi (FeSO₄) sebagai sumber Fe[II] dalam reaksi. Pada proses Fenton, H₂O₂ dengan adanya Fe²⁺ akan terkonversi menjadi radikal hidroksil (HO[•]) yang sangat

reaktif dengan potensial oksidasi (Eo) 2,8 V menurut persamaan reaksi (1) diatas. Radikal hidroksil dengan sangat cepat mengoksidasi senyawa organik dengan cara pemutusan ikatan rangkap dan ikatan hidrogennya dengan cara radical addition dan hydrogen abstraction seperti yang telah dijelaskan diatas sebelumnya.

4 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa air limbah domestik saluran drainase pintu 1 inlet waduk reservoir Gampong Pusong kota Lhokseumawe berada pada tingkatan pencemaran berat dengan konsentrasi COD 4160 mg/L. Untuk mengurangi tingkat pencemaran air limbah domestik tersebut sampai 78,85% dapat ditawarkan menggunakan proses oksidasi kimia lanjut (AOP) menggunakan reagen fenton pada perbandingan $\text{Fe[II]} : \text{H}_2\text{O}_2 = 1:5_{(\text{wt/wt})}$ dengan basis H_2O_2 15,6 mM.

5. Daftar Pustaka

- Dincer, A.R., N. Karakaya, Gunes E., dan Y. Gunes,. 2008. "Removal Of COD From Oil Recovery Industry Wastewater by The Advanced Oxidation Processes (AOP) Based on H_2O_2 " Global NEST Journal. 10(1): 31-38
- Elfiana, 2007. Studi Kinetika Degradasi LAS dalam Air menggunakan Fotofenton. Tesis Magister, Institut Teknologi Bandung.
- Elfiana, 2010. "Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit secara Advanced Oxidation Processes (AOP) Menggunakan Reagen Fenton" Laporan Penelitian, Politeknik Negeri Lhokseumase
- Jones, C.W. 1999. Application of Hydrogen Peroxide and Derivatives. Published by The Royal Society of Chemistry. Thomas Graham House, Science Park. Milton Road Combridge CB4 0WF, UK, 207-216
- Metcalf and Eddy. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse. McGraw Hill. 95-99, 257-269, 517-523, 1196-1202
- Purwanti, I.F., dan Baskoro, U,. 2008. "Pengolahan Air Limbah Industri Plasticizer Dengan Penambahan Oksidator Kuat" Jurnal Purifikasi. 9(2); 97-104
- Rodriquez, M. 2003. Fenton and UV-vis Based Advanced Oxidation Processes in Wastewater Treatment: Degradation, Mineralization, and Biodegradability Enhancement. Thesis Program Magister, Universitas Bercelona, Departemen Teknik Kimia dan Metalurgi, Bercelona, 22-91
- Sasongko L.A,. 2006. "Kontribusi Air Limbah Domestik Penduduk di Sekitar Sungai TUK Terhadap Kualitas Air Sungai Kaligarang Serta Upaya Penanganannya, Tesis Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro, Semarang
- Schwarzenbach, R.P., Gschwend, P.M., and Imboden, D.M. 1993. Environmental Organic Chemistry. John Willey and Sons Inc. Canada. 38-39, 436-484
- Watts, J.R. 1998. Hazardous Waste: Sources, Pathways, Recycles. John Willey & Sons Inc, New York. 352-362, 568-570, 615-620