



PENURUNAN KADAR COD DAN TSS PADA LIMBAH TEKSTIL DENGAN METODE OZONASI

Hutami Dinar Estikarini^{*)}, Mochtar Hadiwidodo^{**)}, Veny Luvita^{**)}
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
email : hutamidinar@gmail.com

Abstrak

Pengolahan limbah cair industri tekstil secara kimia dengan metode Ozonasi merupakan pengolahan limbah cair ramah lingkungan yang memanfaatkan radikal hidroksil untuk menyisihkan senyawa-senyawa organik yang ada di dalam air limbah. Metode Ozonasi mampu mengoksidasi materi polutan dalam air limbah sehingga dapat menyisihkan kadar COD dan TSS. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi penyisihan kadar COD dan TSS dengan menggunakan Metode Ozonasi. Dosis ozon dihasilkan dari sumber gas berupa oksigen yang diinjeksikan kedalam generator ozon. Proses ozonasi pada limbah cair tekstil dilakukan selama 3 jam dengan variasi dosis ozon yang digunakan yaitu 24 ppm dan 32 ppm. Sampel air limbah yang di proses sebanyak 2 liter dan pengambilan sampel dilakukan setiap 15 menit sebanyak 100 ml. Proses adsorpsi dengan karbon aktif dilakukan setelah proses ozonasi berlangsung dengan tujuan membantu proses absorpsi mikro polutan hasil oksidasi dari system ozonasi. Sampel yang diuji sebanyak 26 sampel. Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan kadar COD dan TSS berturut-turut sebesar 90,5 % dan 97,2% terjadi pada penggunaan dosis ozon 32 ppm dan waktu pengolahan 180 menit dengan proses adsorpsi. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar dosis ozon dan waktu pengolahan yang digunakan maka penyisihan kadar COD dan TSS akan semakin besar.

Kata Kunci: Metode Ozonasi, Adsorpsi, Radikal Hidroksil, Dosis Ozon, Efisiensi Penyisihan

Abstract

[Degradation Level of COD and TSS in Textile Wastewater Using Ozonation Method]
Chemical wastewater treatment of textile industry with ozonation method is eco-friendly wastewater treatment that utilizes hydroxyl radicals to eliminate organic compounds contained in wastewater. Ozonation method are capable to oxidizing the material of pollutants in wastewater, so it can be eliminate the levels of COD and TSS. The Research aimed to analyze the removal efficiency of COD and TSS levels by using ozonation method. The doses of ozone generated from the gas source in the form of oxygen that is injected into the ozone generator. Ozonation process of liquid waste textiles conducted for 3 hours with variation of ozone dose used is 24 ppm and 32 ppm. The samples of wastewater in the process as much as 2 liters and sampling was conducted every 15 minutes as much as 100 ml. The process of adsorption with activated carbon is done after the ozonation process to helping the absorption process of micro pollutants result from the oxidation ozonation system. The samples were tested as many as 26 samples. The results showed a decrease in the levels of COD and TSS successively equal 90.5% and 97.2% occurred in the use of ozone dose of 32 ppm and treatment time of 180 minutes with the absorption process. It can be concluded that the greater dose of ozone and processing time used the allowance for COD and TSS levels will be greater.

Keywords: Methods of ozonation and adsorption, Hydroxyl Radicals, Dose Ozone, Efficiency Removal.



PENDAHULUAN

Dewasa ini, industri-industri banyak yang menggunakan bahan sintetik untuk proses produksinya sehingga memunculkan masalah dalam pengolahan limbahnya. Aktivitas produksi industri tekstil diidentifikasi mengandung substansi yang berpengaruh besar pada kadar BOD, COD, dan TSS. Dengan penggunaan berbagai macam zat kimia serta suhu yang tinggi, air buangan industri tekstil bersifat alkali, berwarna, berbusa, berbau, panas dengan tingkat BOD tinggi. Tingkat pencemaran yang ditimbulkan bergantung kepada macam bahan yang dikerjakan dan proses pengerjaannya. Pewarna yang digunakan meskipun dalam jumlah sedikit selalu menimbulkan masalah limbah cair yang serius (Luvita, 2012). Industri tekstil menghasilkan air limbah dengan parameter BOD, COD, padatan tersuspensi, dan warna yang relatif tinggi. COD merupakan salah satu parameter kunci untuk pendeteksian tingkat pencemaran air. Semakin tinggi COD, semakin buruk kualitas air yang ada (Andary, 2010).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara ilmiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Tingginya pencemaran air dan derajat kekotoran air menunjukkan adanya zat padat TSS sehingga akan meningkatkan kepekatan limbah. Maka diperlukan suatu teknik yang efektif untuk mendegradasi kadar COD dan TSS. Metode oksidasi dengan menggunakan bahan-bahan pengoksidasi banyak dilakukan dengan teknik ozonasi. Penyisihan kadar COD dan TSS yang akan dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode ozonasi berbasis ozon, yang merupakan salah satu teknologi pengolahan limbah yang dapat digunakan untuk mendegradasi senyawa organik. Alternatif teknologi pengolahan limbah cair dengan menggunakan oksidator kuat dengan metode ozonasi telah lama

dilakukan di negara-negara Eropa dan negara maju lainnya. Pemilihan teknologi ini karena metode ini tidak menghasilkan produk sampingan dalam jumlah besar seperti pengolahan konvensional serta tidak memerlukan lahan yang besar. Hal ini disebutkan juga dalam penelitian Sururi, M.R, dkk (2012), bahwa proses ozonasi tidak hanya menyisihkan bahan organik, namun materi tersuspensi lainnya. Ozonasi dengan adanya karbon aktif dapat mempercepat dekomposisi ozon menjadi radikal hidroksil (Polo *et al.*, dalam Enjarlis 2008) sehingga sangat potensial untuk mengoksidasi senyawa organik yang terkandung di dalam limbah cair. Proses adsorpsi dengan karbon aktif bertujuan untuk membantu proses adsorpsi mikro polutan hasil oksidasi dari sistem.

Pada industri tekstil, ozon dapat dipergunakan untuk menghilangkan warna dan bau (Sugiarto, 2005). Dalam penelitian Hatmanto (2006), metode ozonasi dapat menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS dengan variasi pH, waktu kontak, serta penambahan tawas. Sehingga metode ozonasi pada penelitian ini sangat efektif dalam menghilangkan senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair. Melalui metode ini diharapkan limbah cair hasil produksi industri tekstil yang mengandung kadar COD dan TSS dapat diolah dan memenuhi standar baku mutu limbah cair.

Tujuan dari penelitian ini ialah menganalisis kualitas limbah cair hasil proses produksi industri tekstil yang mengandung kadar COD dan TSS. Kemudian menganalisis pengolahan limbah cair yang mengandung kadar COD dan TSS dengan Metode Ozonasi serta menghitung efisiensi penyisihan kadar COD dan TSS dengan menggunakan Metode Ozonasi.

METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian ini bersifat eksperimental laboratoris. Penelitian

dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan reaktor ozon dengan proses ozonasi. Sampel air di ambil dari limbah cair hasil proses produksi industri tekstil yang mengandung kadar COD dan TSS. Sehingga penelitian ini dimaksudkan untuk mengolah air yang mengandung kadar COD dan TSS dengan menggunakan metode ozonasi.

Jangka waktu penelitian ini adalah satu bulan pada Juni 2015. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (KIM-LIPI), Kompleks Puspitek Serpong Tangerang, Banten, dan pengambilan sampel dilakukan di Industri Tekstil, Bawen, Semarang, Jawa Tengah.

Penelitian ini meliputi tiga tahapan utama, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan serta tahap analisis data. Tahap persiapan dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel air limbah industri tekstil kemudian dilakukan analisa awal sampel limbah yang akan digunakan. Pada tahapan penelitian, sampel limbah dilewatkan pada reaktor ozon dengan perlakuan yang berbeda sesuai dengan perubahan variabel dosis ozon dan waktu pengolahan. Tahap selanjutnya dilakukan pengambilan data hasil penelitian yaitu berupa kadar COD dan TSS pada limbah hasil olahan yang dilanjutkan dengan analisis perubahan karakteristik limbah setelah perlakuan dalam reaktor ozon.

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan dimulai dengan persiapan alat dan bahan. Alat disesuaikan dengan literatur dan kondisi lapangan. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *grab sampling* yaitu pengambilan sampel pada satu waktu dan tempat tertentu. Pengambilan sampel metode ini dilakukan hanya satu kali dan sampel di ambil langsung dari tempat pengambilan sampel. Sampel limbah cair tekstil diambil dari bak ekualisasi Waste Water Treatment Plant (WWTP) Industri Tekstil

di Bawen, Semarang, Jawa Tengah. Parameter yang diuji pada analisis awal ini adalah COD dan TSS. Baku mutu yang digunakan mengacu pada Peraturan Daerah Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 mengenai Baku Mutu Limbah Cair.

2. Tahap Pelaksanaan

Pada tahap ini dilakukan pengolahan dengan metode ozonasi dan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif. Pemilihan parameter yang diteliti diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan berdasarkan literatur yang berhubungan dengan proses oksidasi, meliputi dosis ozon dan waktu pengolahan.



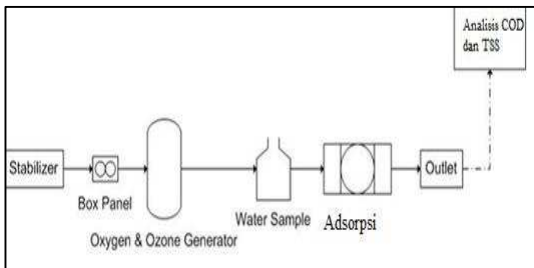
Gambar 1 : Rangkaian Unit Ozonasi (24ppm)



Gambar 2 : Rangkaian Unit Ozonasi (32ppm)

Prosedur pelaksanaan penelitian meliputi : Penggunaan dosis ozon 24 ppm dan 32 ppm pada reaktor Gambar 1 dan 2 yang berasal dari generator oksigen dan generator ozon. Pelaksanaan waktu pengolahan dilakukan setelah sampel air limbah dan ozon dialirkan ke dalam

erlenmeyer dalam rentang waktu yang ditentukan yaitu pada saat 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165, dan 180 menit. Pengaturan waktu dengan menggunakan stopwatch. Pengisian penampung sampel air limbah dengan tabung erlenmeyer. Pada percobaan ini menggunakan penampung yang diisi sampel air sebanyak 2 Liter. Selanjutnya generator oksigen dan generator ozon dihidupkan melalui box panel. Ozon diinjeksikan melalui injektor air stone ke dalam reaktor yang berisi sampel air limbah di mana proses oksidasi berjalan di dalamnya. Effluen hasil olahan yang telah keluar ditampung ke dalam botol sampel sebanyak 100 ml pada selang waktu 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165, dan 180 menit. Setelah proses oksidasi, effluen hasil olahan proses oksidasi menit ke-180 dilanjutkan dengan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif 700 gram. Penggunaan karbon aktif 700 gram karena apabila karbon aktif kurang dan lebih dari 700 gram maka sampel air tidak tersaring dengan baik. Hasil percobaan kemudian dianalisis untuk parameter COD dan TSS.



Gambar 3 : Skema Pengolahan Ozonasi (O₃) Skala Laboratorium

Tahap selanjutnya adalah tahap analisa data. Data-data hasil penelitian dikelompokkan menjadi grafik dan dianalisa secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum pengolahan terlebih dahulu dilakukan analisa karakteristik awal sampel. Analisa sampel limbah dilakukan untuk mengetahui kualitas air dari industri tekstil yang digunakan dengan melakukan pengukuran untuk beberapa

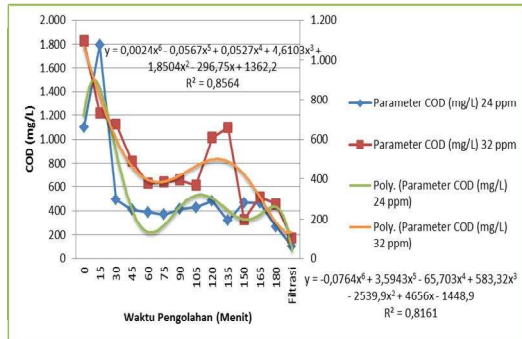
parameter, yaitu COD, TSS, TDS, DO, pH, Salinitas, dan Konduktivitas.

Data Hasil Uji Karakteristik Awal Sampel Air Limbah menunjukkan hasil untuk parameter pH, COD dan TSS berturut-turut : 11,96, 1.096 mg/L, dan 1.630 mg/L. Limbah cair industri tekstil yang diolah mempunyai karakteristik senyawa yang *nonbiodegradable*. Menurut Eckenfelder dalam Supriyatin (2007), pengolahan limbah cair dengan oksidasi kimia dapat dilakukan untuk mengolah limbah limbah dengan kandungan senyawa *nonbiodegradable*. Sehingga karakteristik limbah tekstil dapat diolah dengan pengolahan kimia, proses ozonasi.

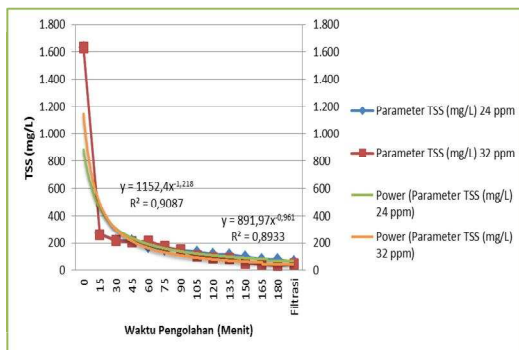
Dosis ozon dihasilkan dengan pengaturan debit oksigen yang berbeda-beda pada generator oksigen. Dalam pengukuran ini, dosis O₃ yang dialirkan adalah 24 ppm dan 32 ppm. Dosis ozon yang terbentuk berdasarkan spesifikasi alat yang berbeda pula. Dosis ozon yang diperoleh meningkat seiring penambahan oksigen. Namun pada kondisi tertentu saat oksigen yang diberikan terlalu besar (0,8 l/mnt) dosis ozon yang dihasilkan akan mengalami *plate* (stabil) bahkan menurun. Hal ini disebabkan ketika oksigen yang masuk terlalu besar maka aliran gas terlalu cepat, sehingga menyebabkan waktu tinggal ozon di ozonator (generator ozon) pendek, sehingga ozon yang dihasilkan lebih sedikit dan ozon yang terbentuk belum sempat mengoksidasi materi polutan dengan baik. Sebaliknya ketika oksigen yang masuk kecil maka aliran gas pelan, sehingga menyebabkan waktu tinggal ozon di ozonator (generator ozon) lebih lama, sehingga ozon yang dihasilkan lebih banyak/lebih besar dan ozon yang terbentuk akan mengoksidasi materi polutan dengan baik. Hal ini juga sesuai menurut Ozotech, dalam Supriyatin (2007) bahwa besarnya flow rate yang berpengaruh pada konsentrasi dan kinerja ozon di air adalah sebesar 1-5 l/mnt. Sehingga jika flow rate yang digunakan melebihi angka tersebut maka dosis ozon

yang dihasilkan lebih sedikit karena banyak ozon yang terbuang akibat aliran gas yang terlalu cepat akibatnya degradasi zat organik tidak optimal. Dari penelitian yang dilakukan, dosis ozon 24 dan 32 ppm adalah penggunaan oksigen sebesar masing-masing 0,8 l/menit dan 1 l/menit

1. Penurunan Kadar COD dan TSS dengan Dosis Ozon 24 dan 32 ppm



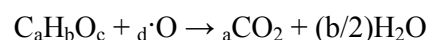
Gambar 4 : Penyisihan Kadar COD dengan Dosis Ozon 24 dan 32 ppm



Gambar 5 : Penyisihan Kadar TSS dengan Dosis Ozon 24 dan 32 ppm

Penyisihan COD secara keseluruhan mengalami fluktuasi, hal tersebut karena ozon bersifat tidak stabil dan terdekomposisi secara cepat dengan keuntungan dan kerugian. Saat ozon terdekomposisi, radikal bebas terbentuk dan dimulai oksidasi lanjut. Namun di sisi lain ketidakstabilan ozon membuat sulit digunakan dalam praktek desinfektan akhir. Tipikal umum dari penurunan COD limbah dapat dibagi menjadi dua tahap. Pertama, fase penurunan cepat dimana

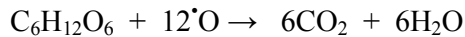
terjadi penurunan dengan kecepatan tinggi, setelah itu tahap kedua terjadi titik balik dimana kecepatan reaksi menurun akibat terbentuknya karbon organik sebagai hasil sementara proses. Suplai ozon yang dilakukan secara terus menerus pada penelitian ini mengakibatkan turunnya parameter COD (Beltran dalam Rezagama, 2012). Penyisihan kadar COD pada air limbah tekstil dengan dosis ozon 24 ppm mengalami fluktuasi penurunan dari menit 0 menuju menit 180. Reaksi oksidasi dengan ozon dibagi menjadi 2 yaitu reaksi langsung dan tidak langsung. Reaksi oksidasi langsung oleh ozon dalam air merupakan reaksi molekul ozon dengan ikatan tak jenuh dan akan memicu terjadinya pemecahan ikatan sedangkan reaksi tak langsung yaitu dengan memanfaatkan radikal hidroksil yang merupakan hasil dekomposisi dari ozon. (Rahmawati, 2011). Waktu pengolahan awal menit ke-15, kadar COD yang dihasilkan sebesar 1.793 mg/L. Nilai tersebut menunjukkan peningkatan kadar COD dari karakteristik awal sebesar 1.096 mg/L. Meningkatnya kadar COD pada waktu pengolahan menit ke-15 dikarenakan kinerja kompresor yang belum optimum untuk menghasilkan ozon. Kompresor berfungsi untuk mendorong kerja generator oksigen dan ozon. Waktu pengolahan menit ke-30 mengalami penurunan kadar COD hingga di menit ke-75 sebesar 370 mg/L. Hal ini menunjukkan ozon (O_3) dapat memecah sebagian ikatan dengan baik sehingga dapat menguraikan senyawa organik pada limbah tekstil. Senyawa organik yang berada didalam limbah akan teroksidasi oleh atom oksigen, berikut ini merupakan persamaan stokiometri yang menunjukkan reaksi oksidasi senyawa organik oleh atom oksigen (Eckenfelder dalam Heryanto 2014) :



Senyawa organik yang terkandung dalam limbah ini adalah zat amilum yang berasal dari proses *desizing*. Zat amilum



yang larut ke dalam air akan berubah menjadi glukosa dengan rumus kimia $C_6H_{12}O_6$. Glukosa yang terkandung dalam limbah tekstil menyebabkan kandungan COD meningkat. Pada pengolahan dengan metode ozonasi glukosa akan teroksidasi oleh atom oksigen $\cdot O$ yang terbentuk dari disosiasi atom oksigen. Reaksi stoikiometri glukosa dengan atom oksigen tertera pada persamaan dibawah ini :



Reaksi yang terjadi akan terus berlanjut pada proses ozonasi ini yang mengakibatkan penurunan parameter COD. Akan tetapi pada menit ke-90 hingga menit ke-120 kadar COD semakin meningkat hingga 480 mg/L, hal ini menunjukkan ozon (O_3) belum mengikat senyawa organik lainnya karena sifat ozon (O_3) yang tidak stabil sehingga membutuhkan elektron untuk menjadi stabil. Waktu pengolahan menit ke-135 kadar COD mengalami penurunan sebesar 320 mg/L, tetapi mengalami kenaikan kembali pada menit ke-150 sebesar 467 mg/L dan mengalami penurunan pada menit ke-150 hingga menit ke-180 sebesar 267 mg/L namun nilai tersebut belum memenuhi baku mutu. Belum maksimalnya pengolahan limbah tekstil pada proses ini disebabkan oleh beban pencemar yang terlalu tinggi. Sehingga kemampuan radikal hidroksil yang terbentuk sulit untuk mendegradasi senyawa organik secara keseluruhan. Pengolahan dilanjutkan dengan proses adsorpsi dengan karbon aktif dan mencapai batas baku mutu sebesar 104 mg/L.

Penyisihan kadar COD pada air limbah tekstil dengan dosis ozon 32 ppm juga mengalami fluktuasi penurunan dari menit 0 menuju menit 180. Waktu pengolahan awal hingga menit ke-60, kadar COD yang dihasilkan sebesar 377 mg/L. Nilai tersebut menunjukkan penurunan kadar COD dari karakteristik awal sebesar 1.096 mg/L. Penurunan kadar

COD tersebut dikarenakan ozon (O_3) dapat memecah sebagian ikatan dengan baik sehingga dapat menguraikan senyawa organik pada limbah tekstil. Akan tetapi pada menit ke-75 hingga menit ke-135 kadar COD mengalami fluktuasi hingga sebesar 657 mg/L. Peningkatan kadar COD ini dikarenakan pada $pH > 10$ $\cdot OH$ akan bereaksi dengan ion bikarbonat (HCO_3^-), ion ini dapat menjadi radikal scavanger untuk $\cdot OH$. Berdasarkan penelitian Snoeyink, V.L dan D.Jenkins (1980) ion bikarbonat dan karbonat berperan sebagai inhibitor. Karbonat dan bikarbonat akan mencari radikal hidroksil untuk membentuk karbonat radikal yang akan bereaksi dengan senyawa organik dan anorganik yang hadir walaupun pada laju yang lambat. Sehingga karbonat dan bikarbonat menghilangkan radikal hidroksil hasil dari dekomposisi ozon sehingga radikal hidroksil yang terbentuk menjadi sedikit. Kandungan ion bikarbonat sendiri sudah ada di dalam air limbah tekstil karena kandungan glukosa yang tinggi. Oleh karena itu, timbul karbonat dan bikarbonat terikat di dalam air limbah secara alami sehingga mempengaruhi peningkatan kadar COD di dalam air limbah dan diduga ada senyawa yang berikatan dengan senyawa amfoter, disebut amfoter karena dapat berlaku sebagai asam dan juga dapat berlaku sebagai basa tergantung pada kondisi atau larutan yang direaksikan dengannya. Dalam asam yang lebih kuat oksida amfoter bertindak sebagai basa, begitu sebaliknya bereaksi dengan zat yang lebih basa oksida amfoter bertindak sebagai asam (Seran, L.E., 2011) sehingga mempengaruhi kadar COD di dalam air limbah. Waktu pengolahan menit ke-150 kadar COD mengalami penurunan sebesar 197 mg/L. Proses oksidasi di dalam air limbah tekstil ini, glukosa akan teroksidasi oleh atom oksigen $\cdot O$ yang terbentuk dari disosiasi atom oksigen menyebabkan zat organik akan terurai menjadi CO_2 dan air sehingga penyisihan kadar COD di dalam air limbah tersebut mengalami penurunan, tetapi



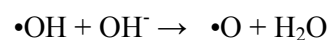
mengalami kenaikan kembali pada menit ke-165 sebesar 307 mg/L dan mengalami penurunan pada menit ke-180 sebesar 273 mg/L namun nilai tersebut belum memenuhi baku mutu. Belum maksimalnya pengolahan limbah tekstil pada proses ini disebabkan oleh beban pencemar yang terlalu tinggi. Sehingga kemampuan radikal hidroksil yang terbentuk sulit untuk mendegradasi senyawa organik secara keseluruhan. Pengolahan dilanjutkan dengan proses adsorpsi dengan karbon aktif dan mencapai batas baku mutu sebesar 104 mg/L.

Penyisihan kadar COD untuk air limbah tekstil yang terbaik yaitu setelah proses adsorpsi dengan dosis ozon 32 ppm. Hal ini sesuai dengan penelitian Supriyatin (2007), bahwa semakin tinggi dosis ozon yang digunakan maka kecenderungan penurunan konsentrasi COD semakin besar. Penyisihan kadar COD dengan dosis ozon 32 ppm memang mengalami fluktuasi penurunan, namun lebih stabil dibandingkan penyisihan kadar COD dengan dosis ozon 24 ppm. Berdasarkan hasil pengolahan pada menit ke-90, 120, dan 165 ozon (O_3) tidak bekerja secara optimum yang ditandai dengan peningkatan kadar COD. Waktu optimum pengolahan terjadi pada waktu pengolahan menit ke-60 dengan dosis ozon 32 ppm dikarenakan hasil pengolahan menunjukkan semakin menurunnya kadar COD dengan tidak mengalami peningkatan dan penurunan. Air limbah tekstil hasil pengolahan dengan metode ozonasi sudah memenuhi baku mutu menurut Perda Jateng Nomor 5 Tahun 2012 dengan hasil pengolahan sebesar 104 mg/L.

Hasil pengolahan air limbah tekstil untuk parameter pH belum memenuhi rentang baku mutu. Derajat keasaman pH merupakan parameter universal yang digunakan untuk mengukur intensitas asam dan basa dari larutan. Lebih dari itu, pengukuran pH merupakan cara untuk mengukur konsentrasi atau aktifitas ion H

(Sururi, 2014). Waktu pengolahan menit ke-45 untuk dosis ozon 32 ppm mencapai pH tertinggi sebesar 12,5 dan nilai pH terendah didapatkan setelah proses adsorpsi dengan karbon aktif untuk dosis ozon 32 ppm sebesar 10,18. Parameter pH merupakan salah satu dari faktor-faktor yang mempengaruhi proses oksidasi. Berdasarkan Salama dalam Rezagama (2012), pada pH lebih dari 8, proses dekomposisi menjadi radikal hidroksil berlangsung cepat. Umumnya kondisi maksimum oksidasi molekul organik berada pada pH 8-10. Proses ozonasi sangat dipengaruhi oleh pH. Pada pH 10,18 terjadi proses dekomposisi ozon yang sangat cepat sehingga proses degradasi senyawa organik menghasilkan penurunan kadar COD yang semakin baik. Oleh karena itu, proses ozonasi perlu dikombinasikan dengan proses adsorpsi agar lebih efektif. Menurut penelitian Luvita dkk (2010), Ozonasi dengan menggunakan karbon aktif bekerja dalam membantu penyerapan mikro polutan hasil proses ozonasi dan berfungsi untuk menaikkan pH, hingga mencapai 10,18, mendekati baku air yang diharapkan. Proses oksidasi yang terjadi dalam metode ozonasi akan memutus ikatan-ikatan kompleks dalam limbah menjadi asam-asam ringan. Terbentuknya asam ringan selama pengolahan akan membuat pH limbah semakin menurun. Pada suasana basa proses oksidasi cenderung mendekomposisi O_3 menjadi radikal hidroksil.

Selain itu ion OH^- pada kondisi basa juga berpotensi sebagai radical scavenger yang menyebabkan radikal $\bullet OH$ terdekomposisi menjadi atom oksigen (Zheng dalam Sucipta, 2014), atom oksigen memiliki potensial oksidatif yang lebih rendah dibandingkan dengan radikal $\bullet OH$. Reaksinya adalah :



Penyisihan kadar TSS pada air limbah tekstil dengan dosis ozon 24 ppm mengalami penurunan dari menit 0 menuju



menit 180. Waktu pengolahan awal hingga menit ke-180, kadar TSS yang dihasilkan sebesar 66 mg/L setelah proses adsorpsi dengan karbon aktif. Nilai tersebut menunjukkan penurunan kadar TSS dari karakteristik awal sebesar 1.630 mg/L. Air limbah tekstil memiliki warna biru pekat dan berpengaruh terhadap kandungan TSS yang tinggi, sehingga pengolahan limbah tekstil dengan dosis ozon 24 ppm setelah proses adsorpsi belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Berdasarkan penelitian Isyuniarto, dkk (2006), penurunan partikulat padat (TSS) dikarenakan radikal hidroksil langsung bertumbukan dengan zat organik dalam air limbah sehingga dapat mengoksidasi parameter pencemar dalam air limbah. Sedangkan, penyisihan kadar TSS pada air limbah tekstil dengan dosis ozon 32 ppm mengalami fluktuasi penurunan dari menit 0 menuju menit 180. Waktu pengolahan awal hingga menit ke-45, kadar TSS yang dihasilkan sebesar 208 mg/L. Nilai tersebut menunjukkan penurunan kadar TSS dari karakteristik awal sebesar 1.630 mg/L. Penurunan kadar TSS tersebut dikarenakan radikal hidroksil langsung bertumbukan dengan zat organik dalam air limbah sehingga dapat mengoksidasi parameter pencemar TSS dalam air limbah. Akan tetapi pada menit ke-60 kadar TSS mengalami peningkatan hingga sebesar 214 mg/L, hal ini menunjukkan ozon (O_3) belum mengikat senyawa organik lainnya karena sifat ozon (O_3) yang tidak stabil. Waktu pengolahan menit ke-75 hingga menit ke-180 kadar TSS mengalami penurunan sebesar 36 mg/L, tetapi mengalami kenaikan kembali setelah proses adsorpsi sebesar 46 mg/L. Hal ini menandakan telah terbentuk banyaknya radikal hidroksil yang mampu medegradasi senyawa kontaminan pada limbah tekstil. Pada saat proses adsorpsi dengan dosis ozon 32 ppm, kadar TSS mengalami peningkatan, hal ini dikarenakan karbon aktif mengalami masa jenuh sehingga tidak dapat menyerap padatan tersuspensi di dalam limbah

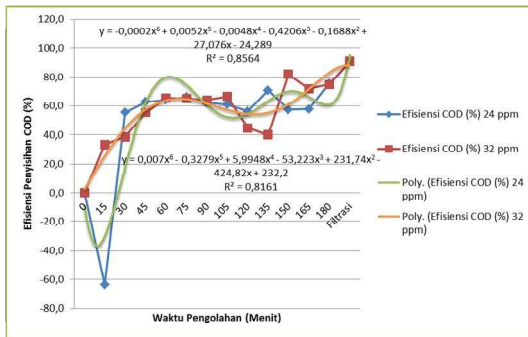
tersebut, walau demikian kadar TSS sudah memenuhi baku mutu setelah proses adsorpsi menurut Perda Jateng Nomor 5 Tahun 2012 dengan hasil pengolahan sebesar 46 mg/L.

Proses adsorpsi dengan karbon aktif berpengaruh pada penurunan kadar COD dan TSS pada air limbah. Menurut Said (2008) air yang diolah dengan ozon dengan dosis 1 mg/L memperlihatkan kenaikan mutagenesitas. Namun mutagenesitas berkurang pada level ozon tinggi (> 3 mg/L). Senyawa mutagenik dapat dihilangkan dengan butiran karbon aktif (GAC). Dalam penelitian Fitri (2013), variasi ukuran media filter berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan TSS yang mana semakin kecil ukuran media filter (kasar = Θ 20-10 mm; medium = Θ 15-6 mm; dan halus = Θ 10-3 mm), efisiensi penyisihan TSS akan semakin besar. Media karbon aktif yang digunakan pada penelitian ini adalah karbon aktif butiran dengan ukuran 3 mm sebanyak 700 gr. Pemilihan ini didasarkan pada aturan penggunaan media pada proses filtrasi yaitu $2/3$ dari volume tangki diisi untuk media (karbon aktif butiran) dan $1/3$ dari volume tangki untuk ruang kosong, sehingga jika diisi dengan media karbon aktif yang melebihi aturan penggunaan media maka hasil proses adsorpsi tidak sempurna. Wadah yang digunakan berupa tabung silinder berukuran 30 cm dengan diameter 10 cm dan tinggi kaki penyangga 50 cm. Media penyaring yang digunakan adalah kasa dengan kerapatan 5 mm, digunakan untuk meyarang sisa karbon aktif yang ikut turun bersama dengan air limbah.

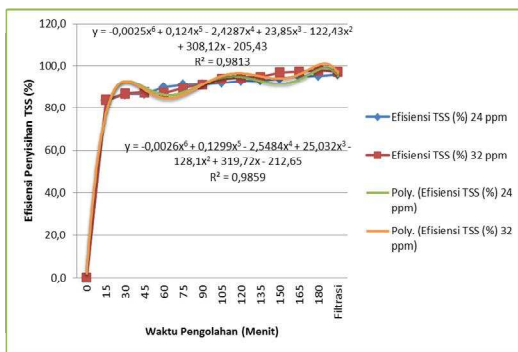
2. Efisiensi Penyisihan kadar COD dan TSS

Pengolahan air limbah tekstil dengan metode ozonasi mempunyai tujuan akhir untuk menyisihkan zat organik yang

ditandai dengan penurunan kadar COD.



Gambar 6 : Efisiensi Penyisihan Kadar COD dengan Dosis Ozon 24 dan 32 ppm



Gambar 7 : Efisiensi Penyisihan Kadar TSS dengan Dosis Ozon 24 dan 32 ppm

Semakin tinggi dosis ozon maka efisiensi penyisihan COD akan semakin besar, artinya dosis ozon berbanding lurus dengan efisiensi COD. Dosis ozon berpengaruh terhadap pembentukan radikal hidroksil. Peningkatan dosis ozon yang digunakan berarti semakin banyak ozon yang kontak langsung dengan senyawa organik di dalam air limbah yang akan mendegradasi zat organik dalam air limbah yang diolah. Efisiensi Penyisihan kadar COD pada air limbah tekstil dengan dosis ozon 24 ppm mengalami fluktuasi penurunan dari menit 0 menuju menit 180. Waktu pengolahan awal menit ke-15, Efisiensi Penyisihan kadar COD yang dihasilkan sebesar -63,6%. Nilai tersebut menunjukkan penurunan efisiensi penyisihan kadar COD dari karakteristik awal. Penurunan efisiensi penyisihan kadar COD pada waktu pengolahan menit ke-15 dikarenakan kinerja kompresor yang

belum optimum. Waktu pengolahan menit ke-30 mengalami peningkatan efisiensi penyisihan kadar COD hingga di menit ke-75 sebesar 66,2%. Akan tetapi pada menit ke-90 hingga menit ke-120 efisiensi penyisihan kadar COD semakin menurun hingga 56,2%. Waktu pengolahan menit ke-135 efisiensi penyisihan kadar COD mengalami peningkatan sebesar 70,8%, tetapi mengalami penurunan kembali pada menit ke-150 sebesar 57,4% dan mengalami peningkatan pada menit ke-150 hingga menit ke-180 sebesar 75,6% dan mencapai efisiensi maksimum setelah proses adsorpsi sebesar 90,5 mg/L.

Efisiensi Penyisihan kadar TSS waktu pengolahan awal hingga menit ke-180 yang dihasilkan sebesar 96% setelah proses adsorpsi. Nilai tersebut menunjukkan peningkatan efisiensi penyisihan kadar TSS dari karakteristik awal, sedangkan penyisihan kadar TSS pada air limbah tekstil dengan dosis ozon 32 ppm mengalami fluktuasi peningkatan efisiensi penyisihan dari menit 0 menuju menit 180. Waktu pengolahan awal hingga menit ke-45, efisiensi penyisihan kadar TSS yang dihasilkan sebesar 87,2%. Nilai tersebut menunjukkan peningkatan efisiensi penyisihan kadar TSS dari karakteristik awal. Akan tetapi pada menit ke-60 efisiensi penyisihan kadar TSS mengalami penurunan dengan nilai 86,9%. Waktu pengolahan menit ke-75 hingga menit ke-180 efisiensi penyisihan kadar TSS mengalami peningkatan hingga 97,8%, tetapi mengalami penurunan kembali setelah proses adsorpsi sebesar 97,2%. Pada saat adsorpsi dengan dosis ozon 32 ppm, efisiensi penyisihan kadar TSS mengalami penurunan, hal ini dikarenakan karbon aktif mengalami masa jenuh sehingga tidak dapat menyerap padatan tersuspensi di dalam limbah tersebut. Efisiensi penyisihan kadar TSS untuk air limbah tekstil yang terbaik yaitu setelah proses adsorpsi dengan dosis ozon 32 ppm. Hal ini sesuai dengan penelitian Supriyatn (2007), bahwa semakin tinggi



dosis ozon yang digunakan semakin lama waktu pengolahan, maka kecendrungan penurunan konsentrasi COD dan TSS semakin besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, Kualitas limbah cair hasil proses produksi industri tekstil pada karakteristik awal limbah didapatkan nilai COD sebesar 1.096 mg/L dan TSS sebesar 1.630 mg/L hal ini disebabkan oleh masih banyaknya senyawa organik yang terkandung di dalam limbah cair sebelum mengalami pengolahan. Pengolahan limbah cair hasil proses produksi industri tekstil dengan metode ozonasi dapat menurunkan kadar COD dan TSS dengan adanya radikal hidroksil yang mampu mendegradasi senyawa organik yang terdapat di dalam air limbah. Efisiensi penyisihan kadar COD dan TSS dengan menggunakan Metode Ozonasi paling besar pada pengolahan dengan dosis ozon 32 ppm dengan waktu pengolahan selama 180 menit dan proses adsorpsi dengan karbon aktif, dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 90,5% dan TSS sebesar 97,2%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar dosis ozon yang diberikan maka penyisihan senyawa organik akan semakin besar pula.

SARAN

Proses adsorpsi sebaiknya dilakukan dengan lebih teliti dan memperhatikan masa jenuh dari karbon aktif sehingga akan didapatkan hasil yang lebih baik. Dengan adanya keterbatasan reaktor yang ada maka penelitian ini perlu dikembangkan dengan peralatan yang memiliki kapasitas lebih agar efektifitas pengolahan menjadi jauh lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Andary, Hanjani Antania. 2010. *Penurunan COD dan Warna pada Limbah Industri Tekstil dengan Proses Anaerob-Aerob*

menggunakan Reaktor UASB dan HUASB. Universitas Diponegoro : Semarang.

Enjarlis, 2008. *Fenomena penyisihan campuran insektisida (karbofuran-endosulfan) dengan teknik ozonasi.* Universitas Indonesia : Jakarta.

Fitri, Imaning Tyas, dkk. 2013. *Studi Penurunan Parameter TSS & Turbidity Dalam Air Limbah Domestik Artifisial dengan Kombinasi Vertical Roughing Filter Dan Horizontal Roughing Filter.* Universitas Diponegoro : Semarang

Hatmanto, Bima Patria Dwi. 2006. *Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Pabrik Tahu dengan Metode Ozonasi.* Universitas Diponegoro : Semarang

Heryanto, Rizki Fajar. 2014. *Studi Penurunan COD Dan Warna Dengan Teknologi Plasma Pada Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Variasi Tegangan Dan Banyaknya Sirkulasi.* Universitas Diponegoro : Semarang.

Isyuniarto, dkk. 2006. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Teknik Lucutan Plasma.* Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan- Batan : Yogyakarta

Luvita, Veny, dkk. 2010. *Metode Advanced Oxidation Processes (AOP) Untuk Mengolah Limbah Resin Cair.* Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi-RISTEK : Jakarta.

Pemerintah Republik Indonesia. 2012. *Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 05 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah.* Sekretaris Daerah Provinsi Jawa Tengah : Semarang.

Rahmawati, N. 2011. *Oksidasi Lanjut Dan Filtrasi Membran Keramik Untuk Penyisihan Besi, Mangan, Amonia,*



- dan LAS dari Air Tanah. Tesis S-2 FTUI Program Studi Keselamatan Kerja Dan Lingkungan
- Rezagama, Arya. 2012. Studi Degradasi Senyawa Organik Air Lindi Tempat Pembuangan Akhir Sarimukti Menggunakan Ozon. Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- Said, Nusa Idaman. 2008. *Teknologi Pengolahan Air Minum Teori dan Pengalaman Praktis*. Pusat Teknologi Lingkungan BPPT : Jakarta Pusat
- Sucipta, Febriandi. 2014. Studi Pengaruh Tegangan dan Flowrate Gas terhadap Konsentrasi COD dan Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil dengan Teknologi Plasma. Universitas Diponegoro : Semarang.
- Sugiarto, Anto Tri. 2005. *Sistem Kompak Oksidasi Pengolahan Limbah Cair Industri*. Hand Out Presentasi di Nusantara Water Expo Jakarta.
- Suriyatin, Siti. 2007. *Pengolahan Limbah Cair menggunakan AOP Ozon-UV pada limbah cair industri minyak terhadap variasi konsentrasi ozon dan waktu detensi*. Universitas Diponegoro : Semarang.
- Sururi, Mohamad Rangga, dkk. 2014. *Pengolahan Lindi dengan Proses Oksidasi Lanjut Berbasis Ozon*. Institut Teknologi Nasional : Bandung.
- Seran, L.E. 2011. *Oksigen Molekuler Sebagai Zat Pengoksidasi*. Universitas Negeri Malang.
- Snoeyink, V.L dan D.Jenkins. 1980. *Water Chemistry*. John Wiley & Sons Inc : United States of America.