



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Ozonasi untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Limbah

Limbah sangatlah erat hubungannya dengan kehidupan masyarakat. Bahkan tidak dapat dipisahkan begitu saja, dari kehidupan bermasyarakat. Dimana masyarakat bermukim, maka disana lah berbagai jenis limbah akan dihasilkan. Arti dari limbah sendiri, ialah hasil buangan dari suatu proses produksi baik industri maupun rumah tangga (domestik). Contoh dari limbah sendiri, ada sampah, ada air kakus, dan ada air buangan dari berbagai aktivitas domestik lainnya. Limbah padat lebih dikenal sebagai sampah, yang sering kali tidak dikehendaki kehadirannya karena tidak memiliki nilai ekonomis. Adapun limbah air kakus dan limbah hasil buangan domestik, merupakan limbah cair. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri dari bahan kimia Senyawa organik dan senyawa anorganik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah (Marliani, 2014).

Air limbah merupakan, air buangan yang dihasilkan dari aktivitas manusia yang telah memanfaatkan air bersih. Seperti halnya, untuk aktivitas perindustrian, perkantoran, pertokoan, fasilitas umum, rumah tangga dan ditempat lainnya. Seringkali manusia melakukan aktivitas, tanpa memerdulikan dampak untuk lingkungannya. Sehingga terjadilah masalah utama yang sering dihadapi di permukiman, yaitu air limbah yang dapat mengganggu kelestarian lingkungan. Masalah tersebut dapat di atasi dengan cara megolah air limbah terlebih dahulu, sebelum dibuang di sungai dekat pemukiman masyarakat. Pada pengolahan air limbah sendiri, dibutuhkan untuk membedakan menjadi dua jenis. Yaitu limbah yang mengandung bahan organik dan limbah yang mengandung bahan anorganik. Pada dasarnya limbah yang mengandung bahan organik, secara biologis dapat dilakukan dengan beberapa jenis pengolahan, yaitu aerobik dan anaerobik atau gabungan beberapa proses tersebut (Hidayah, 2010)



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Ozonasi untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS

Adapun indikator air telah tercemar dapat dilihat dari adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati, antara lain : suhu, pH, warna, bau, rasa, timbulnya endapan, adanya mikroorganisme, dan meningkatnya radioaktivitas air lingkungan. Indikator kualitas kimiawi air yang sering digunakan biasanya : BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), DO (Dissolved Oxygen), pH, CO₂ terlarut, bahan padat tersuspensi dan bahan-bahan tersuspensi organis, padatan total, Nitrogen, Fosfor, logam berat dan padatan anorganik (Indarsih,2011).

II.2 Pencemaran Air

Warisan budaya yang menghasilkan keuntungan salah satunya ialah batik, namun apabila limbah yang dihasilkan tidak diolah dengan baik, maka dapat merugikan karena mencemari lingkungan. Limbah yang dihasilkan berupa sisa saat melakukan proses pembuatan batik. Sesuai dengan Keputusan Gubernur Jawa Timur no.72 Tahun 2013, mengenai baku mutu air limbah bagi industri atau kegiatan usaha dalam rangka menjaga kualitas air dan menjamin keberlanjutan pelestarian, perlindungan serta pengelolaan fungsi lingkungan hidup. Menyatakan bahwa semua industri, kegiatan usaha dan kegiatan lainnya yang menghasilkan air limbah. Wajib untuk mentaati peraturan yang telah ditetapkan, bahwa suatu industri tidak boleh melampaui baku mutu air limbah yang telah ditetapkan dalam Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013.

Tabel 1. Parameter Industri Tekstil

Parameter	Kadar Maksimum (mg/liter)
COD	150
TSS	50
pH	6 - 9

II.3 Limbah Cair Industri Batik

Industri batik merupakan penghasil limbah cair dengan kuantitas yang cukup besar. Yang mana, bila limbah tersebut tidak di olah dengan baik maka akan merugikan bagi ekosistem sekitar. Hal tersebut terjadi karena limbah cair industri



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Ozonasi untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS

batik mengandung warna yang pekat dan bau menyengat. Pada umumnya Limbah cair batik bersifat basa dan memiliki kadar organik yang tinggi akibat sisa proses pembatikan. Nilai keasaman (pH), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), dan total suspended solid (TSS) yang dihasilkan juga tinggi. Proses pencelupan yang dilakukan merupakan penyumbang zat warna yang kuat apabila tidak diberikannya pengolahan yang tepat. Zat warna yang terkandung dalam limbah cair batik umumnya sukar untuk terdegradasi dengan baik. Zat warna ini umumnya didesain untuk memiliki tingkatan kimia yang tinggi untuk menahan kerusakan akibat oksidatif yang berasal dari cahaya matahari. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, melaporkan bahwa dengan menggunakan metode ozonasi berhasil menurunkan kadar COD pada limbah cair batik sebesar 83,1% dengan kadar awal 450 mg/L dan kadar TSS sebesar 77,2% dengan kadar awal sebesar 215 mg/L (Ridho,2018).

Pada proses pembuatan batik, memiliki beberapa tahap proses pembuatan. Berikut adalah proses pembuatannya :

1. Pemalaman

Pada proses pemalaman sendiri, menggunakan proses penempelan malam sebagai bahan utama perintang batik ke mori. Mori yang telah di buat polanya kemudian diberi malam dengan menggunakan canting tulis atau canting cap. Canting batik tulis yang dipakai pada saat membuat pola batik adalah canting klowongan atau canting dengan cucuk ukuran sedang. Setelah pola pokok selesai dimalam kemudian membuat isen-isennya.

2. Pewarnaan

Setelah melalui proses pemalaman, selanjutnya ialah memberi perwarna pada motif batik yang telah dicap ataupun ditulis. Kain batik yang telah dicap dengan lilin malam merupakan gambaran atau motif dari batik yang akan dibuat. Proses selanjutnya pemberian warna sehingga pada tempat yang terbuka menjadi berwarna, sedangkan tempat yang ditutup lilin tidak terkena warna yang diwarnai.

3. Pelorodan

Pelorodan adalah proses penghilangan lilin malam yang menempel pada kain mori. Menghilangkan lilin malam pada batik dapat bersifat menghilangkan sebagian atau



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Ozonasi untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS

menghilangkan keseluruhan lilin malam. Menghilangkan sebagian atau setempat adalah melepas lilin malam pada tempattempat tertentu dengan cara mengerok dengan alat sejenis pisau. Pelorodan yang dilakukan di akhir disebut mbabar atau ngebyok. Pelepasan lilin dilakukan dengan air panas. Lilin akan meleleh dalam air panas sehingga terlepas dari kain.

(Suprihatin,2014)

II.4 Pengolahan Limbah Secara Umum

A. Koagulasi

Proses yang memanfaatkan ion-ion yang mempunyai muatan berlawanan dengan muatan koloid yang terdapat dalam limbah cair sehingga kestabilan ion tidak ada disebut dengan koagulasi. Prinsip dasar dari proses koagulasi adalah dengan terjadinya gaya tarik menarik antara ion- ion positif dengan negative. Partikel yang terdiri dari zat organik (partikel koloid), mikroorganisme dan bakteri yang bertindak sebagai ion negative.

B. Flokulasi

Kelanjutan dari proses koagulasi merupakan proses flokulasi, dimana mikroflok hasil koagulasi mulai menggumpalkan partikel koloid menjadi flok-flok besar yang dapat diendapkan dengan bantuan pengadukan lambat. (Bangun, 2013)

C. Ion Exchange.

Proses dari pertukaran terdiri dari reaksi kimia antara ion kation dengan anion dalam fase cair dengan ion fase padat. Resin penukar ion merupakan padatan yang mempunyai ion untuk ditukarkan dengan ion fase cairan. Bahan polimer yang mempunyai gugus reaktif seperti sulfonat, fenolat dan karboksilat disebut dengan resin penukar kation, sedangkan resin penukar anion merupakan bahan polimer yang dapat mengionisasi dari kelompok ammonium kuarterner dan amina. Resin kation dapat mengionisasi dan dapat dimuati dengan kation yang dipertukarkan (Sani, 2019)

D. Netralisasi

Beberapa jenis air limbah yang mengandung zat pewarna, warna dapat dikurangi bahkan hilang. Proses netralisasi digunakan untuk menetralkan limbah yang bersifat terlalu asam atau basa. Bahan kimia yang sering digunakan sebagai penetral yaitu natrium hidroksida, natrium karbonat, asam sulfat, asam klorida dan



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Ozonasi untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS

karbon dioksida. Bahan tersebut dipilih dengan mempertimbangkan harga, keamanan dalam penyimpanan dan keefektifannya untuk menetralkan pH.

E. Adsorpsi

Proses penyerapan partikel halus dengan bahan absorben yang biasa digunakan yaitu karbon aktif. Karbon aktif banyak digunakan dengan konsentrasi rendah. Kekurangan dari proses ini, pada fase tertentu karbon aktif mengalami kejenuhan dan harus dilakukan pencucian yang pada akhirnya air cucian ini akan bermasalah karena berpotensi menjadi air limbah lagi. (Nugroho, 2005)

F. Proses Anaerob

Pengolahan anaerob merupakan pengolahan secara biologi yang memanfaatkan mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik dalam kondisi tidak mendapatkan oksigen. Kekurangan pada proses ini adalah proses pertumbuhan mikroorganisme yang lambat dibandingkan dengan mikroorganisme pada proses aerob (Indriyati, 2005)

II.5 Karakteristik Limbah Cair

Limbah cair memiliki karakteristik yang dapat dibedakan dan diperlukan untuk pengolahan limbah cair. Adapun berikut ialah karakteristik dari air limbah yang digolongkan menjadi tiga. Yaitu sebagai berikut:

1. Karakteristik Fisika

Karakteristik fisika limbah cair meliputi temperatur, bau, warna, dan padatan. Temperatur menunjukkan derajat atau tingkat panas air limbah yang ditunjukkan ke dalam skala. Adanya bau yang lain pada air limbah, menunjukkan adanya komponen lain dalam air tersebut. Warna biasanya disebabkan oleh adanya materi dissolved, suspended, dan senyawa-senyawa koloid, yang dapat dilihat dari spektrum warna yang terjadi.

2. Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia meliputi COD (chemical oxygen demand), pH, dan DO. Nilai COD (chemical oxygen demand) merupakan banyaknya oksigen dalam mg/L yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi. Semakin tinggi kadar COD maka semakin buruk kualitas air tersebut. Nilai pH merupakan



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Ozonasi untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS

indikator untuk menunjukkan derajat keasaman dalam perairan. Ikan dapat hidup pada kisaran pH 6-9.

3. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi, ialah dengan memanfaatkan bakteri anaerob dan mikroorganisme. ditemukan dalam jenis yang sangat bervariasi hampir dalam semua bentuk air limbah, biasanya dengan konsentrasi 105-108 organisme/mL. Keberadaan bakteri dalam unit pengolahan air limbah merupakan kunci efisiensi proses biologis. Bakteri juga berperan penting untuk mengevaluasi kualitas air. (Indrayani,2018)

Limbah cair batik mempunyai zat pencemar, yang berasal dari proses pembuatan kain batik seperti pada uraian diatas. Limbah cair dengan konsentrasi tertinggi, didapatkan pada proses pewarnaan. Zat warna reaktif mengandung unsur Cd, Cu dan Pb. Pada zat warna naphtol mengandung Zn dan biasanya mengandung logam-logam berat seperti : Cr atau Cu. Sedangkan pada zat warna indigosol dan naphtol mengandung Cu dan Zn

Senyawa organik dan anorganik dalam limbah batik berupa : karbohidrat, protein, lemak, minyak, surfaktan, zat organik aromatik seperti zat warna, zat pembantu pencelupan, alkali, asam dan garam. Zat-zat organik dalam limbah terutama tersusun dari unsur-unsur : C, H, O dan sedikit unsur S, N yang berpotensi menyerap Oksigen. Limbah sisa proses pencelupan batik ada yang bersifat asam dan ada pula yang bersifat basa (Indarsih,2011).

II.6 Parameter Limbah Cair

A. Chemical Oxygen Demand (COD)

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam mengoksidasi zat-zat organis yang ada dalam 1 liter sampel air. Pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent). Ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air disebut angka COD.

B. Warna

Senyawa organik yang mengandung gugus kromofor terkonjugasi disebut zat warna. Remazol brilliant orange 3R, Remazol golden yellow, remazol black dan



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Ozonasi untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS

Remazol red merupakan contoh dari zat warna reaktif yang sering digunakan dalam proses pewarnaan batik. (Nugroho, 2013). Warna yang biasa digunakan dalam industry batik adalah warna sintesis, yaitu naphthol yang mana merupakan warna semu. Warna yang disebabkan karena adanya kekeruhan atau bahan yang tersuspensi penyebab warna sejati termasuk koloid adalah warna semu. (Lestari, 2014).

C. Total Suspended Solid (TSS)

TSS merupakan analisis yang digunakan dalam perhitungan kandungan padatan tersuspensi dalam air. Padatan tersuspensi dalam jumlah besar dapat meningkatkan kekeruhan air, sehingga menghalangi masuknya sinar matahari melalui air yang pada akhirnya akan mengganggu aktivitas mikroorganisme di dalam air. (Karamah, 2019). Adanya zat padat TSS ditunjukkan dengan tingginya pencemaran air dan derajat kekotoran air sehingga akan meningkatkan kepekatan limbah. (Estikarini, 2016)

II.7 Hydrogen Peroxide (H₂O₂)

Peneliti terdahulu melakukan penentuan dosis optimum H₂O₂ penentuan dosis optimum H₂O₂ digunakan untuk ditambahkan pada proses ozonasi. Dosis optimum ini penting diketahui karena peningkatan hidrogen peroksida tidak akan selalu meningkatkan tingkat penyisihan COD, hal tersebut mengakibatkan peningkatan konsentrasi hidrogen peroksida akan mengubah perannya dari inisiator menjadi inhibitor (Gelardiansyah, 2015). Pada proses ozonasi, bila menggunakan penambahan H₂O₂ akan menghasilkan proses dimana OH* akan lebih dominan dibandingkan dengan ozon itu sendiri, sehingga daya oksidasi dari proses tersebut akan semakin baik (Nuriana, 2016). Sesuai pada penelitian yang telah dilakukan, bahwa penurunan kadar COD dan TSS yang diperoleh dari limbah industri MSG dengan menggunakan teknologi Advanced Oxidation Processes dengan menambahkan H₂O₂. menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD dengan penambahan H₂O₂ 200 ml di menit ke-180 yaitu 169167 mg/l atau 34,94%. Sedangkan pada efisiensi kadar TSS terjadi saat penambahan H₂O₂ 200ml di menit ke-120 yaitu mencapai 617 mg/l atau mencapai 99,14% (Imtiyaz,2016).



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Ozonasi untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS

II.8 Landasan Teori

Ozonasi dapat digunakan untuk mendegradasi kontaminan organik. Ketika bereaksi dengan kontaminan organik maka akan terdekomposisi menjadi oksigen. Ozon dapat mengoksidasi kontaminan organik secara langsung maupun tidak langsung melalui pembentukan radikal hidroksil (Rao, 2013). Pada proses pembentukan ozon, dapat terbentuk melalui dua proses yang berbeda, yaitu melalui proses tumbukan dan melalui proses penyerapan cahaya. Gas Ozon dapat dibuat dengan metode electrical discharge, tumbukan dari elektron yang dihasilkan oleh electrical discharge dengan molekul oksigen menghasilkan dua buah atom oksigen. Selanjutnya atom oksigen secara ilmiah bertumbukan kembali dengan molekul oksigen di sekitarnya dan terbentuklah ozon (Ridho, 2018).

Prinsip kerja dari metode ozonasi, yaitu dengan mengontakkan O₂ dengan elektron, kemudian menghasilkan OH* radikal ini apabila bertumbukan dengan protein akan membentuk ion hidroksil (OH⁻) yang berguna dalam merombak ikatan-ikatan dari persenyawaan kimia, dari senyawa organik kompleks (protein) menjadi senyawa organik yang lebih sederhana, baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam limbah, sehingga dapat menurunkan parameter BOD dan COD (Yulianto, 2020).



Proses ozonasi tidak hanya menyisihkan bahan organik, namun materi tersuspensi lainnya. Ozonasi dengan adanya karbon aktif dapat mempercepat dekomposisi ozon menjadi radikal hidroksil. Sehingga sangat potensial untuk mengoksidasi senyawa organik yang terkandung di dalam limbah cair (Estikarini, 2016).

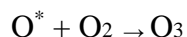
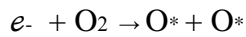
Pada proses ozonasi menggunakan sebuah alat, yaitu generator ozon (ozonizer). Pada dasarnya, prinsip dari generator ozon ialah udara kering atau oksigen murni (O₂) dipompakan dengan kompresor udara, masuk melewati rongga yang berbentuk silindris, rongga tersebut terbuat dari bahan stainless steel yang diselubungi oleh tabung kaca. Tabung kaca tersebut, disebut sebagai bahan dielektrik dan bertegangan tinggi. Kemudian udara atau oksigen (O₂) dipecah



LAPORAN HASIL PENELITIAN

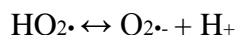
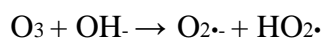
Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Ozonasi untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS

menjadi oksigen radikal (O^*) dan akan membentuk ozon. Reaksi pembentukan gas ozon seperti dibawah ini:

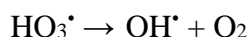
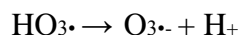
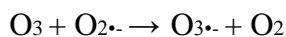


Ozon (O^*) ini bersifat radikal, sehingga apabila bertumbukan dengan air akan menghasilkan ion hidroksil (OH) yang kemudian akan berperan dalam merombak ikatan-ikatan dan senyawa organik maupun anorganik.(Abdi,2017)

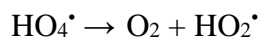
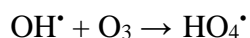
Tahapan mekanisme reaksi tak langsung pada ozon terbagi menjadi 3 langkah yaitu inisiasi, propagasi dan terminasi. Inisiasi merupakan langkah awal dimana pembentukan anion superoksida radikal dan hidroperoksida radikal berasal dari reaksi antara ion hidoksida dengan ozon



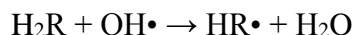
Pada tahap propagasi, anion superoksida radikal bereaksi dengan ozon membentuk anion ozon yang kemudian terurai menjadi OH radikal. Radikal hidroksil selanjutnya bereaksi dengan ozon.



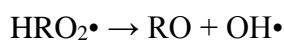
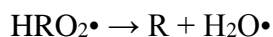
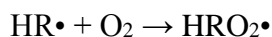
Selanjutnya radikal hidroksil bereaksi dengan ozon



Hidroksil radikal bereaksi pula dengan molekul organik R, dimana dapat disebut sebagai promotor



Jika terdapat oksigen maka peroksi radikal organik akan terbentuk

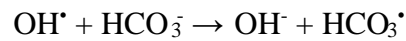
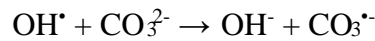




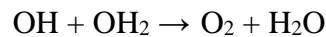
LAPORAN HASIL PENELITIAN

Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Ozonasi untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS

Pada tahap terminasi ini terdapat beberapa senyawa organik dan anorganik beraksi dengan OH membentuk radikal sekunder tanpa membentuk O_2/H_2O_2 inhibitor ini menterminasi reaksi berantai dan mencegah terdekomposisinya ozon.



Bereaksinya dua buah radikal kemungkinan dapat terjadi pada tahap ini



(Malik, 2020)

Adapun pada proses ozonasi memiliki beberapa kelebihan, bila dibandingkan dengan metode lain yang digunakan untuk pengolahan limbah cair. Diantaranya yaitu, dapat mengurangi jumlah sludge yang akan terbentuk bila menambahkan zat kimia yang lumayan banyak. Selain hal tersebut, dengan menggunakan metode ozonasi pada pengolahan limbah, akan dapat membunuh organisme karena pada proses ozonasi menggunakan zat yang bersifat desinfektan sehingga mikroorganisme yang hidup akan mati. Dan yang terpenting ialah, penggunaan alat pada proses ozonasi yang tidak memerlukan lahan yang luas. Serta air limbah yang telah diolah, masih memungkinkan untuk digunakan kembali untuk suatu proses produksi (Ratnawati, 2011).

Penambahan H_2O_2 dapat berpengaruh dalam menginisiasi pebentukan radikal superoksida radikal yang kemudian akan membentuk OH^\bullet maka dekomposisi ozon menjadi lebih cepat dalam menghasilkan OH^\bullet . pH dalam kondisi basa pada ozonasi dapat meningkatkan efisiensi saat proses pengolahan. Hal ini dapat terjadi dikarenakan keberadaan oksidator yang terdiri dari ozon dan produk dekomposisinya yaitu OH^\bullet . Waktu pengontakan yang dibutuhkan dalam menurunkan parameter limbah pada proses ozonasi dibutuhkan 180 menit untuk menurunkan kadar COD hingga 90%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengontakan maka penurunan parameter pada limbah akan semakin besar. (Sururi, 2021)



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Ozonasi untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS

II.9 Hipotesis

Penambahan H_2O_2 dan lama ozonasi dalam pengolahan limbah cair batik dengan metode ozonasi dapat menurunkan kadar COD dan TSS pada limbah cair batik.