

MOTTO

"Memebuat Hidup Lebih Berguna Bagi Orang Lain"

"Orang yang tidak sukses adalah orang yang takut akan kegagalan"

"...Kamu manusia akan mengalami hidup bertingkat-tingkat..."
(7.2 : Al-Insyiqaaq)

PERSEMBAHAN

Aku.....persembahkan sebuah karya ini untuk ibuku yang aku cintai dan aku sayangi..... Ayahku (Alm)..... Ya Allah sayangilah ayahku seperti dia menyayangi aku.....selamanya...adik-adiku yang telah menjadi motivasi dan harapan dalam hidupku.... Dari ku... Untukmu.....!

*Anri Cahyono
160182*

Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritikan dan masukan demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan bahwa laporan ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penilaian akhir dari Tugas Akhir ini, Amin....

Waslamu`alaihiukum Wr.Wb

Jogjakarta, Agustus 2005

Penyusun

**THE WASTEWATER TREATMENT OF TEXTILE INDUSTRY USING
OZONE TECHNOLOGY TO REDUCE BOD AND COD**

(A Case Study of Aqueous Waste in PT. Primatexco Indonesia Central Java)

ABSTRAK

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TEKSTIL MENGGUNAKAN TEKNOLOGI OZON UNTUK MENURUNKAN BOD DAN COD, (Studi Kasus Limbah Cair PT. Primatexco Indonesia Jawa Tengah). Telah dilakukan penelitian mengenai pengolahan limbah cair dengan menggunakan teknologi ozon. Sebagai cuplikan limbah cair diambil dari PT. Primatexco Batang Jawa Tengah. Sebanyak 1000 ml limbah cair diozonisasi dengan variasi waktu selama 0 menit, 20 menit, 40 menit, 80 menit, 100 menit, dan 120 menit. Metode analisa BOD menggunakan SNI 06-6989.14-2004 sedangkan untuk metode analisa COD menggunakan SNI 06-6989.15-2004. Penurunan kadar BOD dan COD disebabkan terdegradasinya senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam air limbah, hal ini terjadi karena ozon memiliki kemampuan mengoksidasi senyawa organik yang kompleks menjadi senyawa organik sederhana. Pada umumnya degradasi senyawa organik menghasilkan karbon dioksida dan air. Hasil yang didapat dalam penelitian ini diketahui bahwa ozonisasi yang dilakukan selama 120 menit dapat menurunkan kadar BOD dari BOD awal 901 mg/L, menjadi 232 mg/L dengan efisiensi penurunan 74,25 %. Dan menurunkan kadar COD dari COD awal 3352 mg/L menjadi 811 mg/L dengan efisiensi penurunan 75,80 %.

Kata Kunci : ozonisasi, BOD, COD

ABSTRACT

THE WASTEWATER TREATMENT OF TEXTILE INDUSTRY USING OZONE TECHNOLOGY TO REMOVE OF BOD AND COD (A Case Study of PT. Primatexco wastewater Indonesia at Batang Central Java). A research on wastewater treatment using ozone technology was carried out. Samples were taken from PT. Primatexco in Batang, Central Java. 1000 ml of wastewater were ozonized with time variation of 0, 20, 40, , 80, 100, and 120 minutes, respectively. The BOD analysis method exploited was SNI 06-6989.14-2004, while the SNI 06-6989.15-2004 was utilized as COD analysis method. The removal BOD and COD contents were due to removal organic compounds contained in waste water. This was true since ozones were capable to oxidize organic compounds modifying complex to simple organic compounds. In general, removal organic compounds produced dioxide carbon and water. Results of this research showed that ozonization carried out during 120 minutes was able to remove BOD content, from initial BOD of 901 mg/L to 232 mg/L with removal efficiency of 74.25 %, also remove COD content, from initial COD of 3352 mg/L to 811 mg/L with removal efficiency of 75.80 %.

Key words: ozonization, BOD, COD

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN MOTTO.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAKSI	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKAN	
2.1 Sumber dan Karakteristik Limbah Cair Industri Tekstil	4
2.2 Proses Produksi Tekstil	7
2.3 Ozon	8
2.4 Generator Ozon (<i>Ozonizer</i>)	12
2.5 Parameter Uji Limbah Cair Industri Tekstil	17
2.5.1 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	17
2.5.2 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	18
2.6 Senyawa Organik yang di temukan Dalam Limbah Cair Tekstil	19
2.6.1 Fenol	19
2.6.2 Lemak dan Minyak	21

pengolahan limbah industri, Teknologi yang sedang dikembangkan oleh Puslitbang BATAN Yogyakarta diharapkan menjadi alternatif pengolahan limbah cair industri.

Ozonisasi merupakan salah satu cara untuk mendegradasi senyawa organik dalam limbah cair, senyawa organik yang terkandung pada limbah cair industri tekstil berupa diterjen, amilum, fenol, dan lain-lain. Ozon merupakan oksidator yang kuat, sehingga diharapkan dapat menguraikan zat organik yang terdapat dalam limbah cair. Kemampuan ozon untuk mengoksidasi ini karena adanya sifat radikal dari ozon. Sifat radikal berasal dari pelepasan oksigen yang diikuti oleh radikal $\text{HO}_2\cdot$, $\text{OH}\cdot$ dan $\text{H}\cdot$ pada saat dekomposisi ozon. Radikal $\text{HO}_2\cdot$, $\text{OH}\cdot$ dan $\text{H}\cdot$ akan menyerang ikatan senyawa organik sehingga senyawa tersebut dapat terdegradasi (Sugiarto, 2002)

Kemampuan ozon sebagai oksidator untuk mendegradasi senyawa organik dalam limbah merupakan alternatif pengolahan yang aman, setelah bereaksi dan mendegradasi senyawa organik ozon akan kembali membentuk oksigen, sehingga tidak menimbulkan residu kimia lain dalam jumlah besar (Usada dkk, 2002). Ozon memiliki waktu paruh yang singkat, yaitu sekitar 15 menit dalam sistem larutan sehingga aman karena akan habis setelah ozonisasi. Parameter BOD dan COD yang diteliti diharapkan dapat berkurang dengan terdegradasinya senyawa organik melalui proses ozonisasi, sehingga kualitas air akan menjadi lebih baik.

3. Pembersihan (Scouring)

Proses pembersihan tekstil dengan menggunakan zat-zat alkalis, ditergen dan lain-lain. Besar BOD lebih kurang 31 % dari seluruh proses pengolahan. pH air sangat alkalis 8-12 dan mengandung Natrium Hidroksida NaOH dan NaCO₃ (Anonim, 1976)

Zat kimia utama yang digunakan dalam pembersihan kapas yaitu soda kaustik dan jumlah kecil sodium fosfat, sehingga aliran pembersih ini sangat bersifat basa yaitu dengan pH lebih dari 12 dan warnanya hitam karena kotoran kapas. Padatan tersuspensi berasal dari kotoran kapas, juga mengandung minyak (Cooper, 1978)

4. Pemutihan (*Bleaching*)

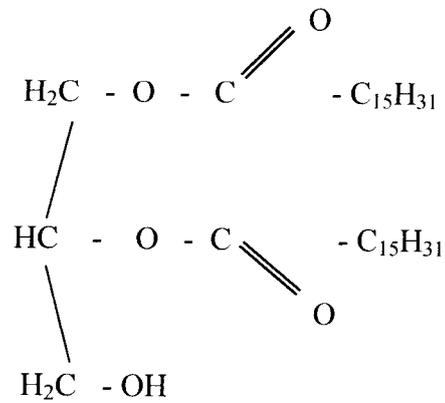
Proses pemutihan pada umumnya pada umumnya menggunakan zat-zat yang mengandung klorin, pada proses ini digunakan zat kimia untuk menghilangkan warna alam menjadi putih. Air buangan mengandung kurang lebih 3% dari total klorin Alkali (Anonim, 1976), limbah yang dihasilkan memiliki pH yang cukup tinggi.

5. Penguatan Kain (*Mercerizing*)

Penguatan kain yaitu pengolahan kain tekstil yang telah diputihkan agar mengkilap dengan larutan soda kaustik. Air buangan mengandung BOD lebih dari 4% dari total dan bersifat basa. Pemberian larutan alkali kaustik dimaksudkan agar kain kuat dalam pencelupan

b. Di gliserida : dia gugus OH diesterkan.

- bila asamnya sama disebut digliserida berasam satu
- bila asamnya berlainan disebut digliserida berasam dua.

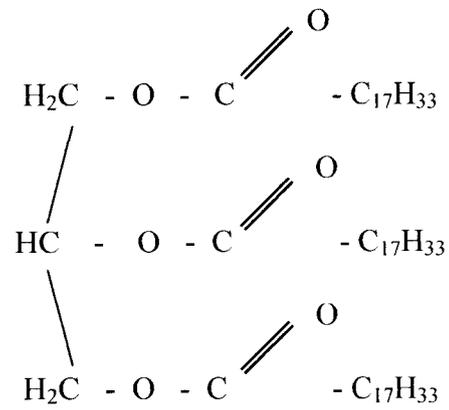


gliserol

c. Tri gliserida : ketiga gugus hidroksinya diesterkan.

- Bila ketiga asam yang diikat disebut trigliserida berasam satu.
- Bila asamnya dua macam disebut trigliserida berasam dua
- Bila ketiga asamnya berbeda disebut trigliserida berasam tiga.
- Pada umumnya lemak dan minyak di alam terdiri dari trigliserida berasam tiga.

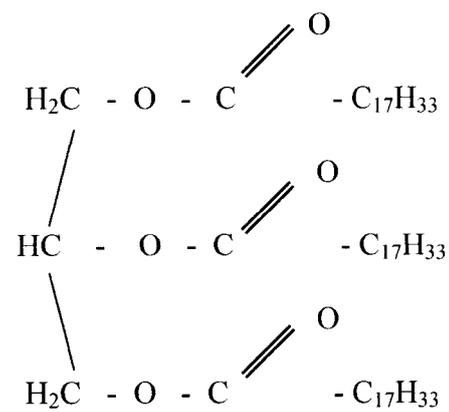
4. Triglicerida berasam satu :



- Gliserol trioleat

- Olein

5. Triglicerida berasam dua :



- Gliserol α , β dioleo λ palmitat

- α , β dioleo λ palmitat

- λ palmito α , β diolein

B. Pemeriksaan COD secara titrimetri

a. Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan kadar kebutuhan oksigen kimiawi (KOK)/(COD) dalam air limbah secara refluk terbuka dengan kisaran kadar KOK antara 50 mg/L O₂ sampai dengan 900 mg/L O₂.

Metode ini tidak berlaku bagi contoh uji air yang mengandung ion klorida lebih besar dari 2000 mg/L

b. Cara uji

Zat organik dioksidasi dengan campuran mendidih asam sulfat dan kalium dikromat yang diketahui normalitasnya dalam suatu refluk selama 2 jam. Kelebihan kalium dikromat yang tidak tereduksi, dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat (FAS).

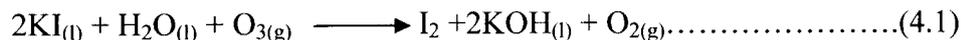
c. Persiapan dan pengawetan contoh uji

- a) Aduk contoh uji hingga homogen dan segera lakukan analisis.
- b) Contoh uji diawetkan dengan menambahkan H₂SO₄ sampai pH lebih kecil dari 2,0 dan contoh uji disimpan pada pendingin 4°C dengan waktu simpan 7 hari.

d. Prosedur

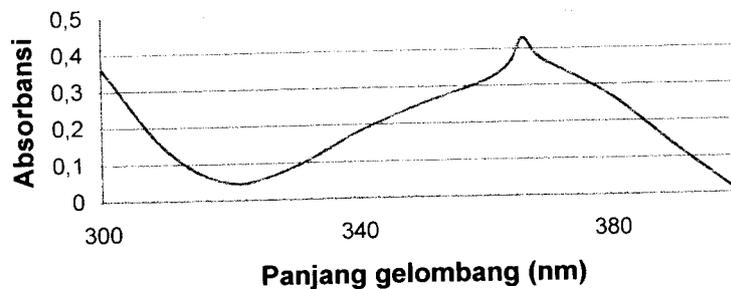
- a) Pipet 10 mL contoh uji, masukkan kedalam erlenmeyer 250 mL.
- b) Tambahkan 0,2 g serbuk HgSO₄ dan beberapa batu didih.

Hal ini berarti bahwa gas yang masuk ke dalam tabung ozonizer telah diubah menjadi gas ozon, adapun reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



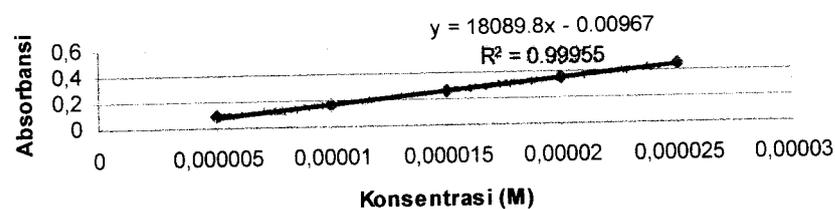
Bedasarkan reaksi di atas, maka dapat ditentukan konsentrasi ozon yang dihasilkan *ozonizer*. Dari persamaan reaksi diatas terlihat bahwa 1 gram molekul I_2 dibebaskan oleh 1 gram molekul O_3 , sehingga dengan menggunakan larutan penyerap standar I_2 untuk menyerap gas ozon maka dapat ditentukan konsentrasi gas ozon (O_3) yang dihasilkan *ozonizer*. Untuk mengetahui produksi ozon diperlukan bantuan grafik standar, grafik standar tersebut menyatakan hubungan antara konsentrasi I_2 terhadap harga absorbansi, grafik standar dapat dibuat dengan cara memvariasi konsentrasi larutan penyerap terlebih dahulu, kemudian diukur serapannya dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Visibel*, dilakukan pada panjang gelombang maksimum agar serapan yang diperoleh maksimum. Karena absorbansi dari larutan penyerap yang telah terkontaminasi gas ozon dapat terukur dengan alat spektrofotometer maka konsentrasi ozon dapat ditentukan langsung dengan cara membandingkan pada grafik standar.

Panjang gelombang maksimum larutan yang diperoleh pada 366 nm dengan serapan sebesar 0,43016 seperti yang terlihat pada gambar. 4.1.



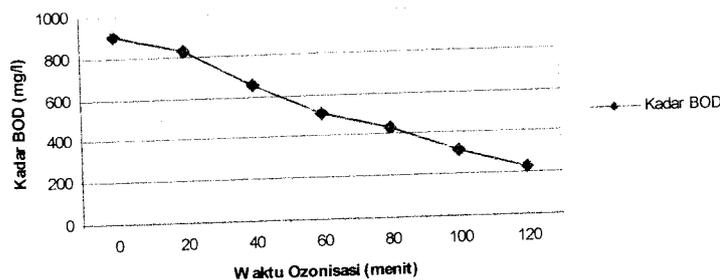
Gambar 4.1. Grafik Spektrum Absorbansi I₂

Kurva standar I₂ dibuat dengan menggunakan serapan larutan standar I₂ pada panjang gelombang maksimum, yaitu 352 nm dengan variasi konsentrasi untuk memperoleh persamaan linier. Persamaan linier yang diperoleh dari hubungan konsentrasi dan absorbansi larutan I₂ adalah $Y=18089.8x - 0,00967$ dengan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,99955, harga koefisien korelasi tersebut menunjukkan bahwa harga dua buah variabel yaitu harga konsentrasi ekuivalen dengan harga absorbansinya, sesuai dengan persamaan 4.1 yang menunjukkan bahwa 1 mol I₂ ekuivalen dengan 1 mol ozon (O₃) yang bereaksi. Secara jelas dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar. 4.2. Kurva Kalibrasi Larutan Standar I₂

mg/L, 429 mg/L, 320 mg/L, dan 232 mg/L. data tersebut dapat menyimpulkan bahwa penurunan kadar BOD sangat dipengaruhi waktu ozonisasi.

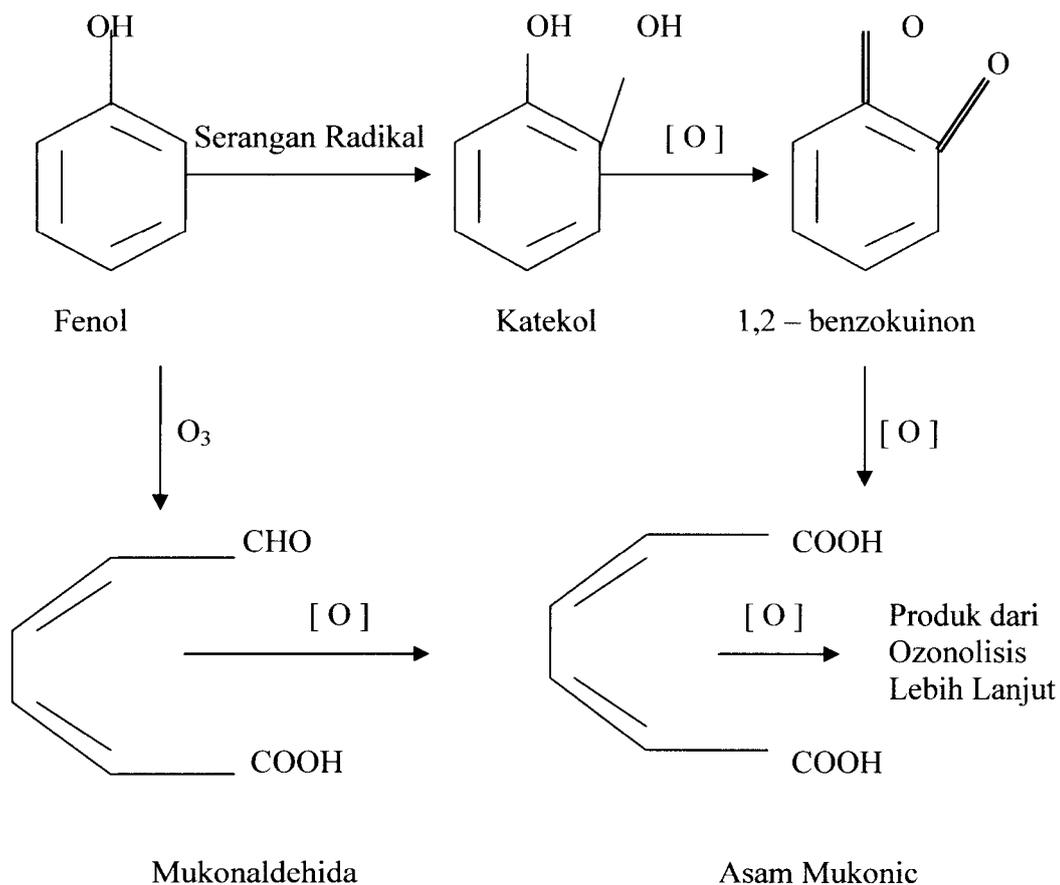


Gambar 4.4 Grafik penurunan kadar BOD limbah cair industri tekstil PT. Primatexco.

Penurunan kadar BOD disebabkan oleh terjadinya berbagai macam proses reaksi senyawa-senyawa organik dengan ozon (O_3) (Basuki, Kris T, 2003), berbagai macam reaksi yang disebabkan oleh ozon (O_3) dapat dilihat pada halaman 31 klausul 2.7 tentang degradasi senyawa-senyawa organik oleh ozon.

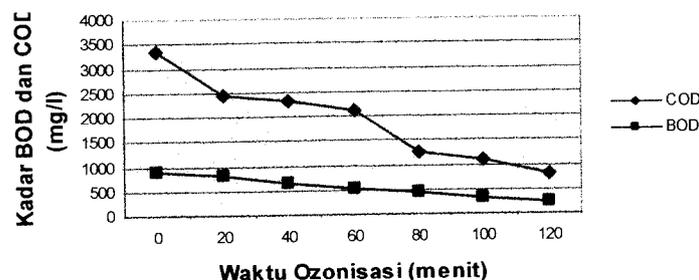
Proses reaksi senyawa organik dengan ozon (O_3) yang terjadi menghasilkan Karbon Monoksida (CO) dan Air (H_2O), (Basuki, Kris T, 2003), hal ini berdampak berkurangnya proses degradasi senyawa organik secara biologis oleh mikroba, pada penelitian diketahui bahwa telah terjadi penurunan kadar BOD yang sangat signifikan, sehingga penurunan tersebut dapat dijadikan sebagai indikator bahwa senyawa organik dalam limbah terdegradasi telah terdegradasi dari senyawa yang kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana.

Dari data penelitian dapat diketahui bahwa ozon memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar BOD yang cukup tinggi. Pada waktu ozonisasi 120 menit terjadi penurunan kadar BOD dari BOD awal 901 mg/L menjadi 232 mg/L,



Gambar 4.7 Mekanisme Reaksi Ozonolisis Fenol

Dari beberapa gambar grafik diatas, yang menggambarkan hasil analisa BOD, COD dan fenol maka dapat disimpulkan bahwa, tingkat penurunan BOD, dan COD sebanding dengan tingkat penurunan kadar organik yang terkandung dalam limbah, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Penurunan COD dan BOD

Dari Gambar 4.6 dan Gambar 4.8 Dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar organik dalam hal ini adalah fenol akan menyebabkan penurunan kadar BOD dan COD, hal ini membuktikan bahwa penurunan kadar organik akan berpengaruh pada penurunan kadar BOD dan COD.

4.5 Fenomena Penurunan kadar BOD dan COD

Limbah PT. Primatexco banyak mengandung senyawa-senyawa organik, hal ini mengakibatkan kadar BOD dan COD dalam limbah cukup tinggi.

Selain senyawa organik fenol ada beberapa senyawa organik yang terdegradasi setelah dilakukan proses ozonisasi, senyawa-senyawa organik tersebut secara teoritis dapat terdegradasi karena reaksi oksidasi ozon.

Penurunan kadar senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair, akan menyebabkan turunnya kadar BOD dan COD, hal ini berarti tingkat penurunan kadar senyawa organik linier ataupun sebanding dengan tingkat penurunan kadar BOD dan COD.

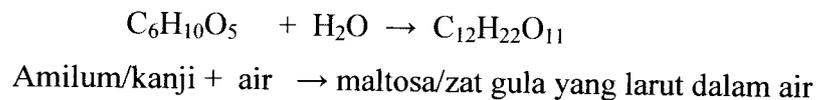
Fenomena penurunan kadar BOD dan COD dapat diperjelas dan dibuktikan dengan fenomena degradasi senyawa-senyawa organik, yang terkandung dalam limbah tersebut.

Senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair industri tekstil PT. Primatexco antara lain :

1. Amilum (kanji)

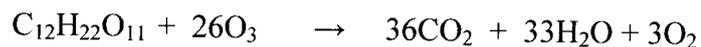
Amilum banyak digunakan dalam proses produksi industri tekstil, terutama pada tahap awal produksi misalnya pemintalan dan pertununan, setelah dilakukan pembersihan amilum yang terbuang akan larut dalam air sehingga akan menjadi salah satu senyawa organik dalam limbah tekstil.

Amilum memiliki rumus kimia $C_6H_{10}O_5$, pada saat pembersihan kain, amilum akan mengalami reaksi seperti dibawah ini :

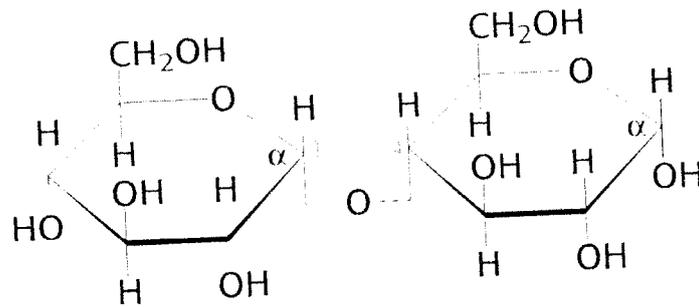


Setelah dilakukan ozonisasi maka amilum yang telah larut dalam air tersebut akan bereaksi dengan ozon (O_3)

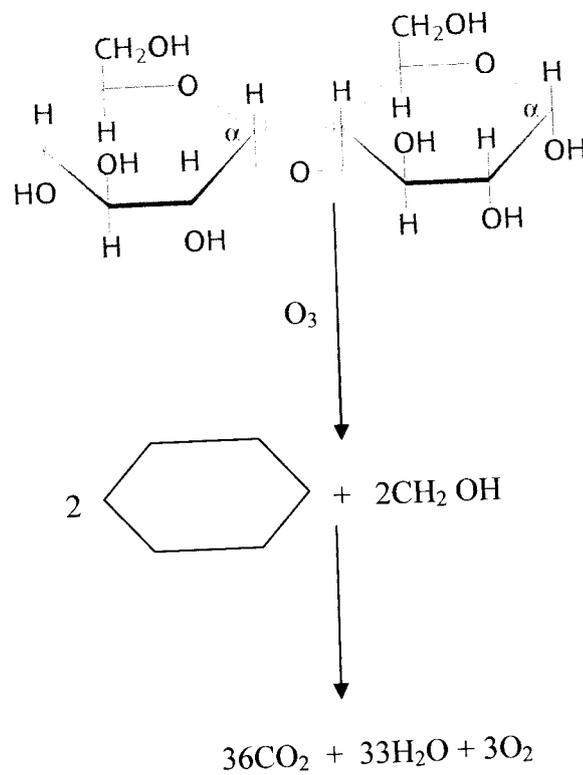
Reaksi yang terjadi antara amilum dan ozon (O_3), pada umumnya akan terjadi seperti berikut :



Dibawah ini adalah fenomena terdegradasinya senyawa organik maltosa, yang bereaksi dengan ozon :



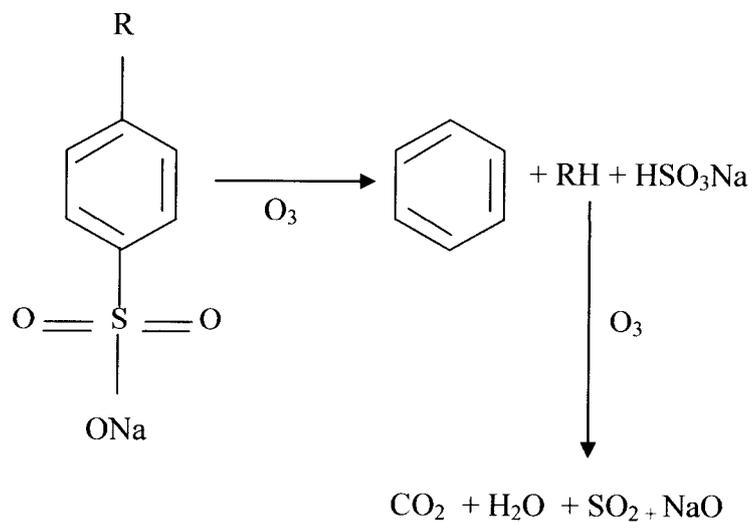
Gambar 4.9. Rumus Struktur Maltosa



Gambar 4.10. Fenomena Degredasi Maltosa

Pada reaksi diatas dapat disimpulkan bahwa amilum yang bereaksi dengan H_2O akan membentuk maltosa atau $C_{12}H_{22}O_{11}$, yang kemudian

Rumus struktur diatas merupakan rumus struktur diterjen, diterjen dibuat dari berbagai macam senyawa organik, seperti dalam teori bahwa senyawa organik dapat terdegradasi oleh ozon maka dapat diketahui bahwa fenomena terdegredasinya dapat dilihat seperti dibawah ini :

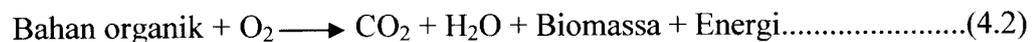


Gambar 4.12 Fenomena Degradasi Diterjen

Gambar Struktur diatas menunjukkan fenomena terdegredasinya diterjen dapat terdegradasi karena bereaksi dengan ozon, ozon sebagai oksidator akan mengoksidasi diterjen yang terdiri dari R-OSONa, terdegradasi menjadi benzene dan $\text{RH} + \text{HSO}_3\text{Na}$, dengan reaksi yang panjang dan terus menerus maka senyawa organik akan berubah menjadi $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{NaO}$

4.5. Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)

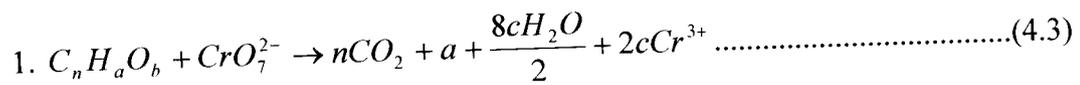
Penetapan kandungan BOD didasarkan atas reaksi oksidasi bahan organik dengan oksigen yang ada didalamnya, dan proses tersebut berlangsung karena ada bakteri aerob. Reaksi yang terjadi dalam botol diasumsikan sama dengan reaksi aerobik dan terjadi dalam dua tahap yang terpisah. Mula-mula bahan organik yang terdapat dalam limbah cair digunakan oleh mikroba untuk energi dan pertumbuhan. Bila bahan organik yang semula terdapat dalam limbah dipisahkan, organisme yang ada terus menggunakan oksigen untuk autooksidasi atau metabolisme endogen dari masa seluler oksidasi masa total akan berlangsung lebih dari 20 hari. Dalam prosedur baku penentuan BOD hanya didasarkan pada oksidasi bahan organik berkarbon. Proses penguraian bahan organik dapat digambarkan sebagai berikut:



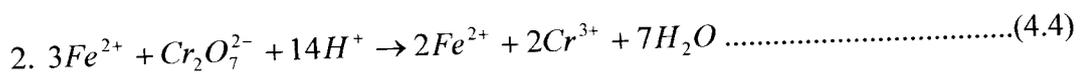
Nilai BOD limbah cair industri tekstil PT. Primatexco sebelum dilakukan pengolahan yang semula di atas batas kadar maksimal baku mutu limbah cair industri tekstil, setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode ozonisasi, kadar BOD yang terdapat dalam limbah ternyata mengalami penurunan. Dari hasil analisa didapatkan pada waktu ozonisasi 120 menit dapat diperoleh efisiensi penurunan hingga 74,25 %, dengan melihat data penelitian Ozon (O₃) dapat menurunkan kadar BOD limbah tekstil PT. Primatexco.

4.6. Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)

Parameter ini merupakan reaksi oksidasi secara kimia yang dapat mengoksidasi bahan organik seperti selulosa yang tidak dapat dioksidasi dengan cara biologis secara sempurna. Zat organik dioksidasikan dengan larutan $K_2Cr_2O_7$ dalam suasana asam (reaksi 4.3). Kelebihan $K_2Cr_2O_7$ kemudian dititrasi kembali dengan garam ferro ammonium sulfat (reaksi 4.4) dengan menggunakan indikator feroin. Adapun reaksinya sebagai berikut:



$$\text{diketahui : } c = \frac{2}{3}n + \frac{a}{b} - \frac{b}{3}$$



COD dapat ditentukan secara bebas dalam uji yang hanya membutuhkan unsur pengoksidasi potassium dikromat dan contoh air penerima limbah. (APHA, 1965). Uji COD digunakan karena ketelitiannya dan kecepatan ujinya adalah 2-3 kali lebih cepat dari uji BOD dan cepat sekali memberikan perkiraan yang teliti tentang bahan-bahan organik yang dapat dioksidasi dengan sempurna. Selain itu uji COD juga membutuhkan waktu yang singkat kira-kira 2 jam dibandingkan dengan uji BOD yang membutuhkan waktu 5 hari. Akan tetapi uji COD tidak dapat membedakan antara zat-zat yang sebenarnya tidak teroksidasi secara biologis (Alaerts, 1987).

Kebanyakan air limbah mempunyai nilai COD tinggi dan BOD rendah yang disebabkan karena adanya bahan organik yang tidak dapat dipecah secara biologik/bahan beracun (Jenie dan Rahayu, 1993). Nilai COD limbah cair industri

tekstil PT Primatexco sebelum dilakukan pengolahan yang semula di atas batas kadar maksimal baku mutu limbah cair industri tekstil, setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode ozonisasi, kadar COD yang terdapat dalam limbah ternyata mengalami penurunan. Dari hasil analisa didapatkan pada waktu ozonisasi 120 menit dapat diperoleh efisiensi penurunan hingga 75,80 %, hal ini menunjukkan bahwa gas ozon (O_3) mampu menurunkan kadar COD limbah cair tekstil PT. Primatexco.

4.7. Aplikasi Teknologi Ozon Pada Pengolahan Limbah Cair PT. Primatexco

Dengan melihat hasil penelitian diatas sementara dapat disimpulkan bahwa teknologi ozon dapat digunakan untuk mengolah limbah cair PT. Primatexco. Sehingga perlu dilakukan studi lebih mendalam mengenai aplikasi teknologi ozon untuk mengolah limbah tersebut.

Sebagai tahap awal dalam laporan tugas akhir ini diusulkan aplikasi teknologi ozon yang meliputi desain lay out instalasi, unit-unit instalasi, perhitungan jumlah kebutuhan ozon, dan juga biaya operasional.

Telah dibuat rencana aplikasi teknologi ozon ununtuk pengolahan ;imbah industri teksti PT. Primatexco. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 4.

LAMPIRAN I