

No : TA/TL/2005/0036

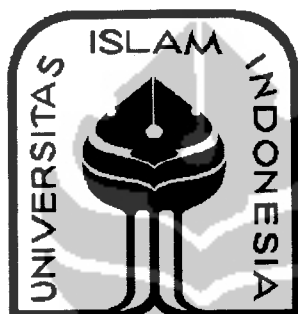
PERPUSTAKAAN FISIP UII	
HADIAH/SEMI	
TGL. TERIMA :	27 Juni 2006
NO. JUDUL :	001983
NO. INV. :	51200001983001
NO. INDEK :	

TUGAS AKHIR

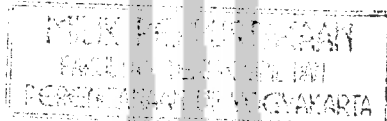
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL MENGGUNAKAN TEKNOLOGI OZON UNTUK MENURUNKAN BOD DAN COD

(Studi Kasus Limbah Cair PT. Primatexco Indonesia Batang Jawa Tengah)

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian
persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Lingkungan



الجامعة الإسلامية
INDONESIA



Oleh :

Nama : Amri Cahyono

No. Mahasiswa : 00 513 022

Program Studi : Teknik Lingkungan

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2005



JUDUL TUGAS AKHIR

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL MENGUNAKAN TEKNOLOGI OZON UNTUK MENURUNKAN BOD DAN COD

(Studi Kasus Limbah Cair PT. Primatexco Indonesia Batang Jawa Tengah)



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

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR**“PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL
MENGUNAKAN TEKNOLOGI OZON UNTUK MENURUNKAN BOD
DAN COD”****(Studi Kasus Limbah Cair PT. Primatexco Indonesia Batang Jawa Tengah)**

Nama : Amri Cahyono
No. Mahasiswa : 00 513 022
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I
Dr.Drs.Ir. Kris Tri Basuki, MSc, APU

Tanggal : 9/9-05

Dosen Pembimbing II
Luqman Hakim, ST, Msi

Tanggal : 9/9 05

KATA PENGANTAR

Assalamu`alaikum Wr.Wb

Dengan memanjatkan puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, tidak lupa juga shalawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, maka laporan tugas akhir ini yang berjudul **“PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL MENGGUNAKAN TEKNOLOGI OZON UNTUK MENURUNKAN BOD DAN COD”** (Studi Kasus Limbah Cair PT. Primatexco Indonesia Batang Jawa Tengah), berhasil saya selesaikan.

Dalam kesempatan ini, penyusun tidak lupa mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Drs. Sudjatmoko, SU, APU, selaku Kepala Pusat BATAN Yogyakarta
2. Bapak Dr. Drs. Ir. Kris Tri Basuki, Msc, APU, selaku Kepala Bidang Teknofisikokimia P3TM BATAN Yogyakarta, sekaligus sebagai Dosen Pembimbing I Tugas akhir
3. Bapak Ir.H. Kasam, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
4. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi, selaku Dosen Pembimbing Pembimbing II Tugas Akhir
5. Bapak Eko Siswoyo, ST, selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Hudori, ST dan Bapak Andik Yulianto, ST, selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

7. Bapak Is Yuniarto, Bapak Widdi Usada, dan Bapak Tugiyono selaku staff P3TM Batan Yogyakarta
8. Ibuku tersayang Sri Nuryati, yang selama ini selalu memberikan motivasi kepadaku, terima kasih ya bu.. jasamu takkan terbalaskan sampai kapanpun
9. Ayahku Drs. Suwardi (Alm), “Ya Allah ampunilah segala dosa ayahku, terimalah ayahku disisimu, tempatkanlah ayahku diantara orang-orang beriman dan bertaqwa kepada-Mu”, Amiin...
10. Adik-adiku Bayu Setiardi, Kiki Kurniawan Didi Rahmadi, I love you All !
11. Dian Susanti, terima kasih ya dek...selama ini kamu sudah banyak memberi semangat kepadaku, dan atas segala pengorbanan waktu, tenaga, materi yang sudah tak terhitung jumlahnya, serta kerelaan dan keikhlasan hati, juga kesabaranmu tidak bisa aku lupakan.
12. Arif Budianto, thank`s friend....!, atas semua bantuan dan semua yang udah kamu pinjemin (komputer, printer, dan lain-lainnya yang gak bisa disebutin), cepetan lulus dab...semangat....gitu loh..!
13. Teman-temanku, (Gulman, Ervan, Bahrin, Yayat, Danang, Noni, Asti, Nurul, Aries, Kuncoeng, Mashoeri dan lainnya), makasih ya.....atas bantuan kalian selama ini....semangat ya friends !
14. Teman-temanku di FAM PII Cabang Yogyakarta (Izul, Harris, Hari, Seso, Syamsudin, Anisa, Nita, Eka, Sari, dan yang lainnya), maju...terus perjuangan kita belum berakhir
15. Teman-temanku XMOEGA Jogja (Huzer, Didik, Arief, Hendro, Sigit, Guntur, Marwanto....dan yang lainnya), thanks...ya...! tanpa kalian aku gak bisa seperti sekarang....
16. Semua yang telah membantuku yang gak bisa kusebut satu persatu, terima kasih banyak atas bantuannya

Penulis menyadari bahwa sebagai manusia biasa tentu tidak luput dari kesalahan. Apabila terdapat suatu kesalahan itu merupakan suatu kealpaan dari kami dan apabila terdapat kebenaran itu hanya datang dari Allah SWT semata.

	x
2.6.3 Sabun dan Deterjen	26
2.6.4 Amilum (kanji)	30
2.7 Degradasi Senyawa-Senyawa Organik oleh Gas Ozon	31

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian	34
3.2 Obyek Penelitian	34
3.3 Metode Pengumpulan Data	34
3.4 Variabel Penelitian	35
3.5 Alat dan Bahan Penelitian	35
3.6 Cara kerja	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Untuk Menentukan Produksi Ozon	47
4.2 Hasil Analisa Kadar BOD	50
4.3 Hasil Analisa Kadar COD	52
4.4 Hasil Analisa Kadar Fenol	53
4.5 Fenomena Penurunan kadar BOD dan COD	55
4.6 Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	60
4.7 Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)	61
4.8 Aplikasi Teknologi Ozon Pada Pengolahan Limbah PT. Primatexco..	62

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN - LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Proses Produksi Tekstil	7
Gambar 2.2 Reaksi Pembentukan Ozon (O_3)	10
Gambar 2.3 Genereator Ozon (<i>Ozonizer</i>)	13
Gambar 2.4 Plasma lucutan terhalang dielektrik	13
Gambar 2.5 Skema tabung <i>ozonizer</i>	17
Gambar 2.6 Struktur Fenol	20
Gambar 3.1 Skema Proses Ozonisasi	44
Gambar 4.1 Grafik Spektrum Absorbansi I_2	49
Gambar 4.2 Kurva Kalibrasi Larutan Standar I_2	49
Gambar 4.3 Grafik Perhitungan Jumlah Ozon	50
Gambar 4.4 Grafik penurunan kadar BOD limbah cair industri tekstil PT. Primatexco	51
Gambar 4.5 Grafik penurunan kadar COD limbah cair industri tekstil PT. Primatexco	53
Gambar 4.6 Grafik Penurunan Kadar Fenol	53
Gambar 4.7 Mekanisme Reaksi Ozonolisis Fenol	55
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Penurunan COD dan BOD.....	56
Gambar 4.9 Rumus Struktur Maltosa	58
Gambar 4.10 Fenomena Degredasi Maltosa	58
Gambar 4.11 Rumus Struktur Diterjen	59
Gambar 4.12 Fenomena Degredasi Diterjen	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri tekstil pada masa yang akan datang semakin baik, hal ini dipengaruhi pertumbuhan ekonomi dan faktor kebutuhan masyarakat yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, peningkatan produksi tekstil dapat menimbulkan dampak positif bagi kemajuan perekonomian dan kesejahteraan masyarakat tetapi juga dapat berdampak negatif pada lingkungan hidup.

Dampak negatif yang timbul akibat peningkatan produksi pada industri tekstil terhadap lingkungan adalah volume limbah cair yang dihasilkan sangat besar, dikarenakan industri tekstil menggunakan air dengan jumlah yang cukup banyak dalam proses produksinya. Industri tekstil menghasilkan limbah cair yang umumnya berasal dari proses pertenunan dan proses pemutihan (proses basah) yang membutuhkan bahan pelarut air dan zat-zat kimia tertentu. Bahan-bahan kimia yang terdapat dalam pelarut air dari proses-proses tersebut sebagian akan dibuang sebagai limbah industri. Limbah yang dibuang apabila tidak diolah terlebih dahulu dapat mencemari badan air penerima (sungai) atau lingkungan sekitarnya.

Untuk mengatasi permasalahan ini maka dibutuhkan solusi dalam mengatasi hal tersebut. Salah satu solusi yang tepat adalah mencari metode pengolahan limbah yang baik dan cocok sesuai dengan jenis dan karakteristik limbah. Metode pengolahan limbah dengan ozon menjadi alternatif dalam

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.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut : Teknologi ozon dapat dipergunakan untuk menurunkan kandungan BOD dan COD serta dapat mendegradasi senyawa organik fenol limbah cair industri Tekstil PT. Primatexco

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Tingkat penurunan kandungan BOD dan COD limbah cair industri tekstil menggunakan teknologi ozon.
2. Tingkat Penurunan kandungan senyawa organik fenol setelah dilakukan ozonisasi

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah :

1. Mengetahui tingkat efisiensi gas ozon (O_3) dalam menurunkan BOD dan COD limbah cair tekstil PT. Primatexco.
2. Mengetahui penurunan kandungan senyawa organik (fenol) dalam limbah cair tekstil PT. Primatexco.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan adalah :

1. Memberikan masukan alternatif pengolahan kepada pihak industri dalam pengolahan limbah cair industri tekstil
2. Sebagai penambah wawasan ilmu pengetahuan bidang pengolahan air buangan khususnya limbah cair industri tekstil kepada mahasiswa teknik lingkungan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber dan Karakteristik Limbah Cair Industri Tekstil

Limbah cair yang diolah pada Unit Pengolahan Limbah PT. Primatexco umumnya berasal dari Unit *Finishing*, hal ini dikarenakan air merupakan pendukung utama pada proses yang terjadi didalamnya, proses produksi yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 2.1. Selain itu limbah cair dari unit *Weaving* (proses *sizing*/penganjian) juga masuk dalam Unit Pengolahan Limbah.

Sumber dan karakteristik limbah cair dari proses-proses Unit *Finishing* adalah sebagai berikut :

1. Pembakaran Bulu (*Singeing*)

Pada proses bakar bulu ini akan diakhiri dengan proses pencucian kain yang dimaksudkan sebagai proses pendinginan dan juga untuk membersihkan bulu-bulu yang tertinggal pada kain setelah melalui mesin *singeing*. Karakteristik limbahnya sangat keruh dan suhunya masih tinggi.

2. Penguraian kanji (*Desizing*)

Proses penguraian kanji secara hidrolisa, dimana dalam proses ini terbuang glukosa dengan BOD lebih kurang 40% dari seluruh proses pengolahan (Anonim, 1976)

Karakteristik limbahnya yaitu memiliki pH tinggi, BOD dan COD juga tinggi.

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 NaCO_3 (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 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

Air pencucian penguat lebih bersifat basa dan kandungan padatan yang terlarut tinggi, hydrogen peroksida (H_2O_2) umumnya digunakan untuk pemutihan (Cooper, 1978)

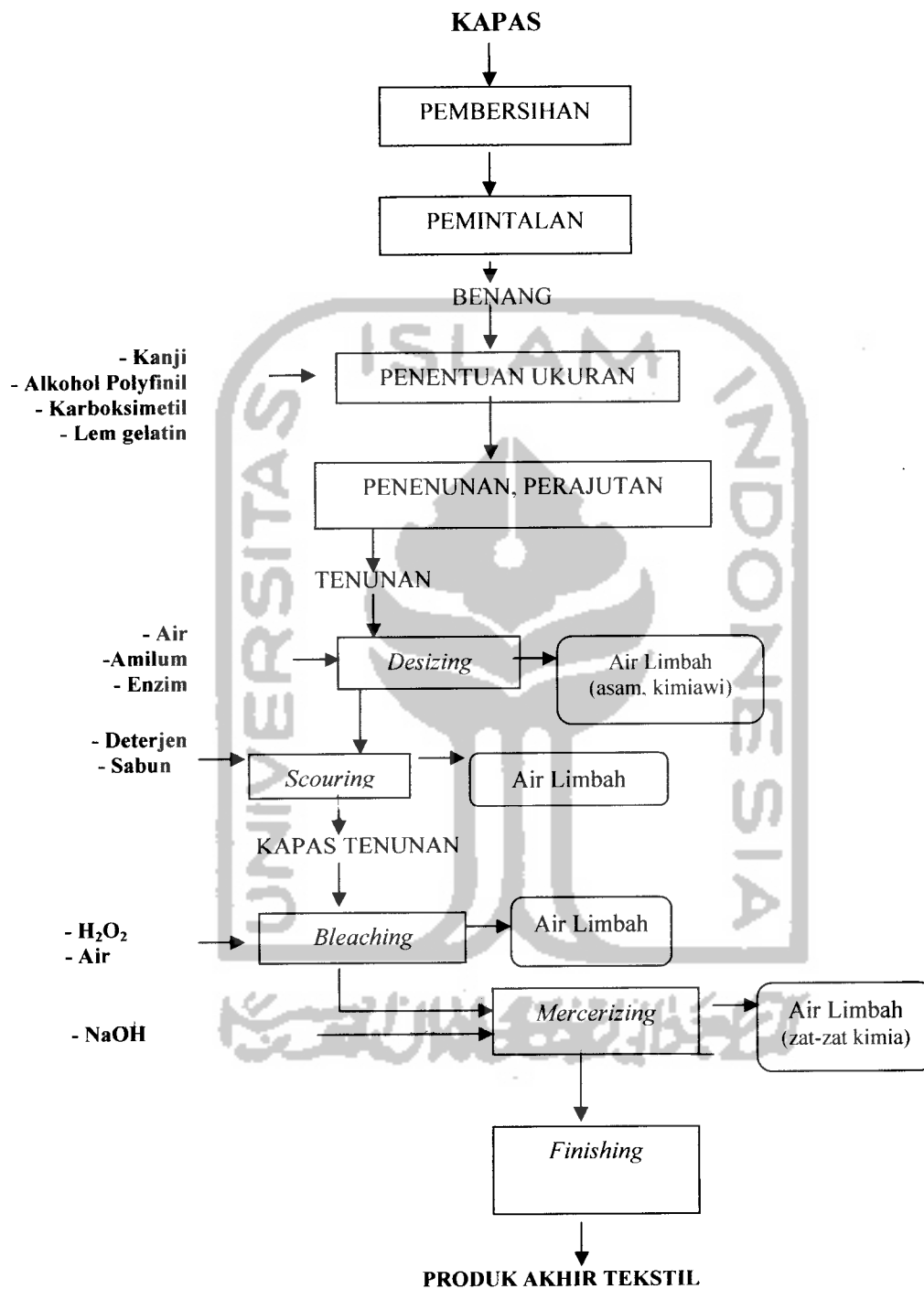
Pabrik tekstil ini sudah memiliki masih NaOH *recovery* (mesin *remercy*), sehingga limbah yang dihasilkan tidak berbahaya, akan tetapi limbah masih tetap diolah dalam Unit Pengolahan Limbah.

6. Penganjian (*sizing*)

Pada proses penganjian kain akan menghasilkan limbah cair yang mengandung kanji. Karakteristik limbah yang dihasilkan keruh dan memiliki BOD dan COD yang tinggi.

Dengan melihat sumber-sumber pencemaran air dari proses pembuatan tekstil, pada umumnya air buangan industri tekstil mempunyai warna yang pekat, pH tinggi, BOD, COD tinggi, DO rendah, suhu tinggi, dan bahan tersuspensi tinggi (Tjokrokusumo, 1995).

2.2 Proses Produksi Tekstil



Gambar 2.1. Proses Produksi Tekstil

2.3 Ozon

Ozon merupakan gas *triatomic allotrope* oksigen yang dapat terbentuk akibat adanya rekombinasi atom-atom oksigen (Catton dan Wikinson, 1976). Ozon merupakan gas yang hampir tak berwarna dengan bau yang khas sehingga dapat terdeteksi oleh indra pencium sampai konsentrasi 0,001 ppm (*part per million*). Konsentrasi ozon maksimum pada ruang terbuka adalah sekitar 0,01 ppm, sedangkan konsentrasi setinggi 1,00 ppm masih dapat dianggap tidak berbahaya apabila tidak terhirup dalam saluran pernafasan hingga lebih dari 10 menit (Anonim, CCOHS, 2001).

Ozon pertama kali ditemukan oleh Friedrich Schonbein pada tahun 1939. Penamaan ozon diambil dari bahasa Yunani, yaitu *ozein* yang berarti *smell* atau bau (Sugiarto, 2003). Ozon merupakan gas *triatomic allotrope* oksigen yang dapat terbentuk akibat adanya rekombinasi atom-atom oksigen (Catton dan Wikinson, 1976).

Tabel 1.1 Potensial Oksidasi dari berbagai unsur

Unsur	Potensial Oksidasi (V)
Fluorine (F)	2,87
Radikal Hidroksil (OH)*	2,86
Atom Oksigen (O)	2,42
Ozon (O ₃)	2,07
Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂)	1,78
Chlorin (Cl)	1,36
Oksida Chlorin (ClO ₂)	1,27
Oksigen (O ₂)	1,23

(Sumber : *Lenntech Water treatment & air purification Holding B.V., The Netherlands*)

Ozon didefinisikan sebagai campuran kimia baru yang komposisinya adalah versi 3 atom, dari normalnya molekul oksigen yang terdiri dari 2 atom

dengan berat molekul 32 garm/mol, namun untuk ozon adalah 48 gram/mol (Purwadi dkk, 2001). Ozon dikenal memiliki sifat radikal dan memiliki potensial oksidasi sebesar 2,07 volt (lihat tabel 1). Waktu paruh ozon adalah 15 menit dalam larutan dan lebih dari 15 menit jika berada di udara. Ozon tidak berwarna pada suhu kamar, akan mengembun pada suhu -111°C membentuk cairan berwarna biru dan akan membeku menjadi zat biru-hitam pada suhu -192°C (Keenan et al,1980)

Ozon mempunyai beberapa kemampuan salah satunya adalah mampu digunakan dalam mengolah limbah. Kemampuan ozon sebagai oksidator memungkinkan ozon dapat menguraikan berbagai macam senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair, seperti fenol, benzene, antrazin dan lain-lain (Sugiarto, 2003). Sebagai oksidator kuat ozon mampu menguraikan senyawa-senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dan bersifat *biodegradable*.

Sifat reaktif ozon yang tinggi dapat memutuskan ikatan senyawa tertentu. Ozonolisis yaitu pemisahan ikatan pada senyawa oleh ozon yang banyak digunakan untuk mengubah struktur senyawa tak jenuh karena reaksi ini dapat menyebabkan degradasi molekul besar menjadi molekul yang lebih kecil (Fessenden, 1986). Ozonolisis terdiri dari dua reaksi yaitu :

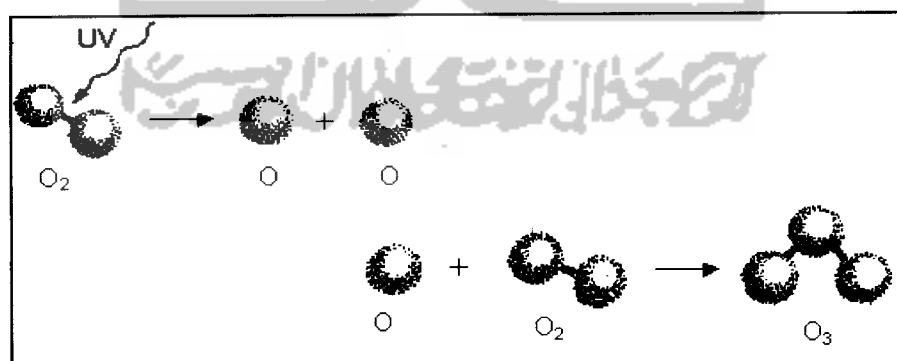
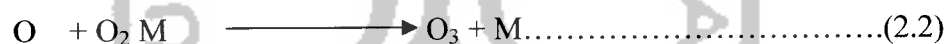
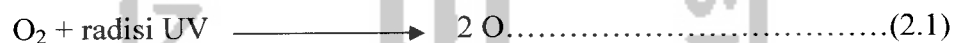
1. Oksidasi ikatan karbon-karbon oleh ozon menjadi ozonida
2. Oksidasi atau reduksi ozonida menjadi produk akhir

Ozon akan menyerang ikatan senyawa untuk menghasilkan status zat antara tak stabil yang kemudian mengalami sederetan transformasi dimana ikatan karbon

terputus. Hasil dari reaksi ini adalah ozonida yang kemudian diteruskan ke reaksi tahap dua. Reaksi tahap dua dalam ozonolisis adalah oksidasi atau reduksi ozonida. Jika ozonida mengalami reaksi reduksi maka hasil reaksi berupa aldehid dan keton. Apabila penyelesaian reaksi secara oksidasi maka produk reaksi berupa asam karboksilat dan keton.

Ozon di alam dapat terbentuk secara alamiah melalui radiasi ultraviolet dari sinar matahari. Hal ini dapat dijelaskan bahwa sinar ultraviolet dari pancaran sinar matahari mampu menguraikan gas O_2 di udara bebas. Molekul oksigen kemudian terurai menjadi 2 buah atom oksigen, dan proses ini dikenal dengan nama *photolysis*. Atom oksigen tersebut secara alamiah bertumbukan dengan molekul gas oksigen disekitarnya dan terbentuklah ozon, reaksi yang terjadi dapat dilihat seperti pada Gambar 2.2 dibawah ini.

Reaksi yang terjadi :



Gambar 2.2 Reaksi Pembentukan Ozon (O_3)

Persamaan reaksi tersebut melibatkan M, M tersebut merupakan partikel ke tiga yang harus ada seperti O_2 , N_2 atau partikel lain yang ada di atmosfer. Partikel-

partikel tersebut berfungsi menyerap energi yang dibebaskan pada saat pembentukan O_3 . Apabila partikel tersebut tidak ada, maka O_3 yang terbentuk akan segera terurai dengan cepat menjadi O_2 , hal ini dikarenakan adanya energi yang besar (Kogelschatz dan Boveri, 1988).

Ozon sebelum atau setelah bereaksi dengan unsur lain akan menghasilkan oksigen (O_2), sehingga teknologi ozon sangat ramah lingkungan atau sering dikatakan ozon merupakan kimia hijau masa depan (Basuki, K.T., dkk, 2004).

Gas ozon (O_3) dapat berfungsi sebagai pembersih, penghilang bau serta sebagai bahan *desinfektan* yang mampu membunuh semua mikroorganikme seperti bakteri, virus, jamur, dan sebagainya. Ozon merupakan bahan pengoksida yang sangat kuat kedua setelah fluorin, dan kalau dibandingkan terhadap klorin kekuatan ozon sebagai tenaga desinfektan bisa mencapai 3250 kali lebih cepat serta 50% lebih kuat tenaga oksidatifnya (Patel, K., 2001).

Mengingat akan efek kegunaan dan kelebihan ozon maka tidak mengherankan bila ozon hingga sekarang masih dimanfaatkan untuk *sterilisasi* air, udara, dan bahan makanan. Sehingga bahan makanan disamping dapat tahan lama juga bisa lebih aman untuk dikonsumsi (Basuki, K.T., dkk, 2004). Ozon dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan, hal ini dikarenakan ozon memiliki kelebihan sebagai berikut (Anonim, 2005) :

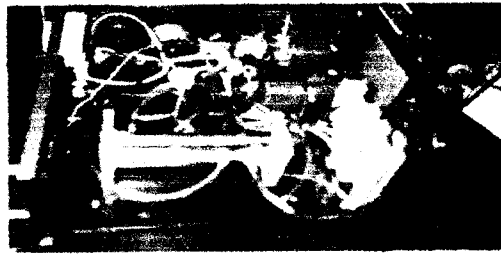
1. Ozon dapat membunuh bakteri 3100 kali lebih cepat dari klor.
2. Ozon dapat mensterilkan air minum.
3. Ozon mengurangi penggunaan bahan kimia
4. Ozon tidak menghasilkan hasil sampingan yang beracun.

5. Ozon merupakan zat yang ramah lingkungan hasil sampingannya adalah oksigen (O_2).
6. Ozon sangat efektif sebagai obat pembasmi hama pada konsentrasi yang rendah.
7. Ozon sangat murah untuk menghasilkannya dan persediannya tak terbatas.
8. Ozon merupakan bahan yang tidak berbahaya dibanding bahan- bahan kimia konvensional lainnya.
9. Ozon dapat menurunkan BOD dan COD.

Ozon dapat diproduksi sendiri dengan menggunakan beberapa metode, diantaranya menggunakan metode *electrical discharge* dan sinar radioaktif (Sugiarto, 2002). Pembuatan ozon dengan menggunakan metode *electrical discharge* pertama kali dilakukan oleh Siemens pada tahun 1857 dengan menggunakan metode Lucutan Terhalang Dielektrik (LTD). Lucutan Terhalang Dielektrik disebut juga lucutan senyap, karena lucutannya hampir tidak bersuara.

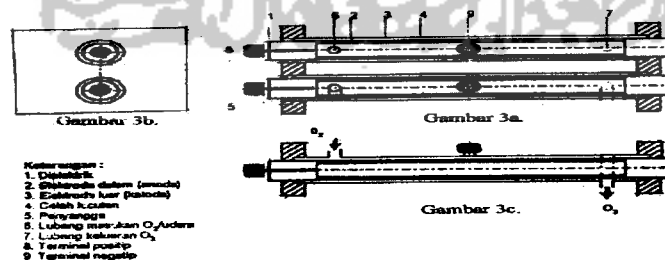
2.4 Generator Ozon (*Ozonizer*)

Ozonizer seperti yang tampak dalam Gambar 2.3, menggunakan tegangan luar yang merupakan tegangan tinggi AC dibebankan pada bagian elektroda tabung *ozonizer* lucutan senyap sehingga ada celah lucutan yakni pada daerah antara lapisan dielektrik dengan elektroda akan terjadi lucutan-lucutan mikro yang bersifat kelistrikan secara keseluruhan dapat dijabarkan dengan kuantitas rerata.(Kogelshatz, 1988)



Gambar 2.3 Generator Ozon (*Ozonizer*)

Dalam hal ini teknologi pembuatan ozon yang digunakan adalah dengan metoda plasma Lucutan Terhalang Dielektrik (Kogelschatz, 1988) atau karena lucutannya yang nyaris tak terdengar maka metode ini sering dikatakan metode plasma lucutan senyap seperti pada Gambar 2.4. Lucutan senyap merupakan plasma yang tidak seimbang dalam arti elektron-elektron dalam plasma mempunyai tenaga dan temperatur yang jauh lebih tinggi daripada partikel-partikel berat atau gas netral (Agus, P., 2002). Untuk mendukung penyempurnaan aplikasi, dengan metode ini dirancang generator ozon dengan keluaran daya 100 Watt. Keunggulan teknologi lucutan senyap dibanding dengan teknologi sinar UV adalah efisiensi ozon yang dihasilkan lebih besar (Widdi, dkk., 2003).



Gambar 2.4. Plasma lucutan terhalang dielektrik

Sumber daya tegangan bolak balik dengan frekuensi orde kilo Hertz (kHz) merupakan komponen pendukung yang sangat penting dalam rangkaian unit

ozonizer. Komponen pendukung tersebut terdiri dari rangkaian *isolator*, rangkaian penguat daya dan rangkaian penguat tegangan. Pada awalnya rangkaian *isolator* memberikan sinyal (pulsa) bolak-balik, kemudian dayanya ditingkatkan oleh rangkaian penguat daya yang selanjutnya ditingkatkan lagi oleh rangkaian pelipat tegangan (*transformer* tegangan tinggi). Tegangan yang keluar dari rangkaian penguat daya ditingkatkan menjadi tegangan tinggi (Basuki.,K.T., 2004).

Adanya *dielektrik* yang menutup salah satu elektrodanya adalah merupakan fungsi kunci dari keistimewaan lucutan senyap dimana *dielektrik* dapat berfungsi sebagai sumber *filament* arus yang berisi *elektron energetik* (1-10 eV). Besarnya tenaga ini merupakan daerah tenaga ideal untuk terjadinya eksitasi dari partikel atom molekul sehingga mampu untuk memisahkan ikatan-ikatan kimia partikel (Eliasson, 1991).

Laju produksi ozon dapat ditentukan dengan metode *absorbansi* (serapan). Atas dasar sifat ozon yang mampu menyerap radiasi yang lama gelombang pendek (tenaga tinggi) yakni pada daerah *spectrum ultraviolet* (UV). Jika seberkas radiasi UV bertenaga awal P_0 dilewatkan larutan kimia maka sebagian tenaga radiasi akan diserap oleh larutan tersebut dan sisa tenaga akan diteruskan. Perbandingan antara tenaga radiasi yang diteruskan (P) terhadap radiasi awal (P_0) disebut transmitansi (T) yang dapat dirumuskan :

$$\text{Transmiasi, } T = P/P_0 \dots \dots \dots (2.3)$$

Kalau transmitansi T dinyatakan dalam prosentase (%) maka $\% T = 100 T$, sedang absorbansi A dapat dituliskan :

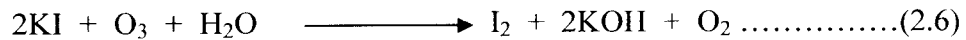
$$\text{Adsorbansi } A, A = \log (P/P_0) \dots \dots \dots (2.4)$$

Menggunakan persamaan (2.3) dan transmitasi dinyatakan dalam %T, maka persamaan (2.4) dapat dituliskan sebagai :

$$\text{Absorbansi } A, A = 2 - \log (\%T) \dots \dots \dots (2.5)$$

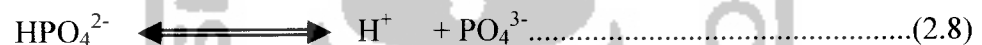
Persamaan (2.5) merupakan persamaan sederhana yang mudah diingat dan sangat bermakna karena diketahui data transmitansinya dinyatakan dalam %, maka harga absorbansinya (A) langsung dapat ditentukan. Jika seberkas sinar UV dilewatkan suatu larutan contoh dengan tanpa absorbansinya (%T = 100) maka absorbansinya adalah nol dan jika semua tenaga sinar UV terserap kedalam contoh larutan (%T = 0) maka absorbansinya adalah tak terhingga.

Produksi ozon juga dapat ditentukan menggunakan metode Iodometri. Metode Iodometri merupakan metode penentuan ozon secara kuantitatif. Prinsip dari metode kuantitatif adalah mereaksikan larutan KI dengan ozon sehingga I⁻ dari KI teroksidasi membentuk I₂ (Mintolo, 2002). Warna larutan sebelum ozonisasi jernih dan setelah ozonisasi akan berubah menjadi kuning. Bersamaan dengan terbentuknya I₂. Perubahan warna ini karena KI dengan bilangan oksidasi I sebesar -1 teroksidasi menjadi I₂ dengan bilangan 0 karena bereaksi dengan O₃. Konsentrasi O₃ yang bereaksi dengan I⁻ sebanding dengan I₂ yang dihasilkan, sesuai dengan persamaan reaksi :

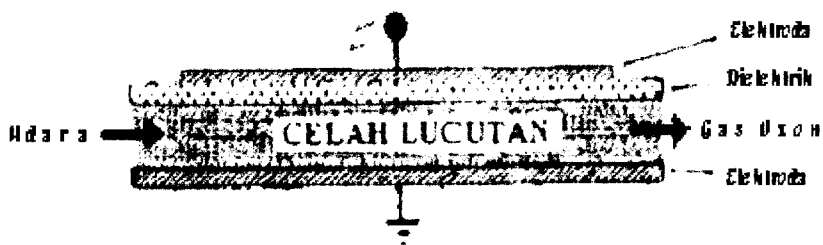


Reaksi menghasilkan KOH yang bersifat basa. Agar pH tetap dalam keadaan semula maka perlu ditambahkan larutan *buffer* atau penyangga. Konsentrasi I₂ yang dihasilkan dapat diukur dengan panjang gelombang UV-*Visibel* atau melalui titrasi dengan larutan natrum tiosulfat dan indikator amilum.

Larutan *buffer* yang digunakan adalah KH₂PO₄ dan Na₂HPO₄ dimana reaksi kesetimbangan yang terjadi adalah :



Prinsip kerja dari ozonizer adalah udara atau oksigen (O₂) dipompakan dengan kompresor, masuk melewati rongga yang berbentuk silinder, dimana rongga tersebut terbuat dari bahan aluminium yang diselubungi tabung kaca, tabung kaca disebut sebagai bahan dielektrik terlihat pada Gambar 2.5. Seluruh permukaan tabung tadi dialiri arus tegangan tinggi yang disebut sebagai tegangan lecut sebesar 25 kV. Udara atau Oksigen (O₂) yang keluar dari *Ozonizer* akan membentuk gas ozon, terbentuknya gas ozon dipengaruhi oleh tegangan lecut yang memecah molekul O₂ menjadi Oksigen radikal (O_n), Oksigen radikal akan bereaksi dengan Oksigen (O₂) membentuk gas Ozon (O₃). Gas ozon yang terbentuk karena reaksi ini hanya sementara dan akan terpecah lagi menjadi molekul-molekul Oksigen.



Gambar 2.5. Skema tabung ozonizer

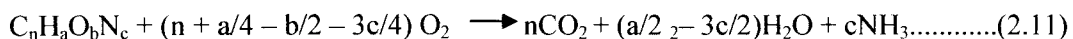
Reaksi pembentukan gas zon dapat dilihat dibawah ini :



2.5 Parameter Uji Limbah Cair Industri Tekstil

2.5.1 Biological Oxygen Demand (BOD)

Analisa *Biological Oxygen Demand* atau kebutuhan oksigen biologis adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mendegradasi hampir semua zat organik yang terlarut termasuk zat organik yang tersuspensi di dalam air. Reaksi oksidasi yang dapat terjadi dituliskan sebagai berikut :



Reaksi tersebut memerlukan waktu kira-kira 2 hari untuk 50% reaksi tercapai, 5 hari untuk 75% reaksi dan 20 hari untuk 100% reaksi. Untuk

pemeriksaan angka BOD dilakukan pengukuran oksigen terlarut dalam contoh air sebelum inkubasi dan setelah 5 hari inkubasi pada suhu konstan 20°C sebagai taksiran jumlah beban pencemar yang dikandung dalam air.

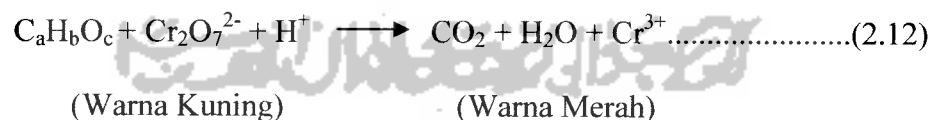
2.5.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter contoh air, pengoksidasian K₂Cr₂O₇ digunakan sebagai sumber oksigen (*Oxidizing agent*).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemar air oleh zat-zat organik secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

Analisa COD berbeda dengan analisa BOD namun perbandingan antara angka COD dengan BOD dapat ditetapkan.

Reaksi oksidasi senyawa organik oleh K₂Cr₂O₇ dapat dituliskan sebagai berikut :



Proses oksidasi senyawa organik didekati dengan perlakuan refluks contoh air menggunakan K₂Cr₂O₇ dengan katalisator AgSO₄ dalam suasana asam (menggunakan H₂SO₄).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses kimiawi yang mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

Dibandingkan dengan analisa BOD, analisa COD memiliki beberapa keuntungan diantaranya waktu analisa yang lebih singkat (3 jam), ketelitian dan ketepatan 2 sampai 3 kali ketelitian dari ketepatan analisa BOD, serta tidak banyak dipengaruhi faktor pengganggu analisa seperti zat beracun yang dapat mengganggu.

2.6 Senyawa Organik yang di temukan Dalam Limbah Cair Tekstil

2.6.1. Fenol

Fenol merupakan senyawa organik yang mengandung gugus hidroksil (OH) yang terikat pada atom karbon pada cincin benzena (Fessenden,1986). Gugus hidroksil adalah pengikat cincin yang kuat, sehingga fenol mengalami substitusi elektrofilik aromatik dalam keadaan reaksi yang ringan (lihat Gambar 2.6). Fenol mudah dioksidasi. Fenol yang dibiarkan di udara terbuka cepat berubah warna karena pembentukan hasil-hasil oksidasi

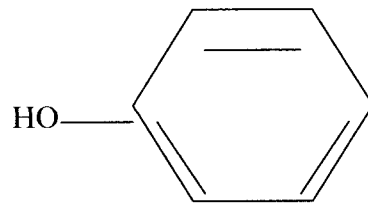
Fenol memiliki keasaman tinggi yang disebabkan adanya pengaruh cincin aromatik dan adanya kemampuan fenol untuk melepas H^+ , sehingga kepolarannya cukup tinggi. Pada saat kesetimbangan fenol akan terdisosiasi menjadi :



Fenol

Fenoksida

Struktur molekul fenol adalah :



Gambar 2.6 Struktur Fenol

Fenol dalam air limbah biasanya terdiri dari hidroksil benzena dan turunannya. Fenol dan turunannya merupakan polutan yang umumnya dalam industri kimia. Industri yang menghasilkan limbah fenol antara lain industri *pulp*, kayu lapis, migas, plastik, tekstil dan limbah rumah sakit. Konsentrasi fenol rata-rata dalam limbah cair dari berbagai macam proses industri bervariasi antara 35 – 8000 mg/L (Aprilita dan Wahyuni, 2000).

Limbah yang mengandung fenol jika dibuang ke lingkungan akan membahayakan makhluk hidup disekitarnya. Senyawa fenol berbahaya karena bersifat karsinogenik dan terdegradasi sangat lambat oleh cahaya matahari.

Fenol merupakan senyawa organik yang bersifat toksik, mempunyai rasa dan bau yang tajam serta dapat menyebabkan iritasi kulit. Apabila fenol berada di perairan, maka dapat mempengaruhi jaringan pada ikan dan hewan yang hidup di perairan lainnya.

2.6.2 Lemak dan Minyak

Lemak dan minyak banyak terdapat dalam tumbuh-tumbuhan dan hewan, Lemak dan Minyak merupakan ester dari asam lemak (asam karbon tinggi) dengan gliserol, maka disebut pula dengan gliserida (Respati, 1980).

Perbedaan sifat lemak dan minyak hanya terletak pada titik leburnya. Minyak mempunyai titik lebur di bawah temperatur normal sehingga pada temperatur normal merupakan zat cair, sedangkan lemak memiliki titik lebur di atas temperatur kamar, sehingga pada temperatur kamar lemak merupakan zat padat. Lemak disusun oleh asam lemak jenuh, sedangkan minyak disusun oleh asam lemak tidak jenuh.

1. Asam Lemak Jenuh

Asam lemak jenuh yang memiliki atom Karbon antara 4 – 26 merupakan penyusun pada lemak. Yang paling banyak terdapat ialah asam palmitat ($C_{15}H_{31}COOH$), asam stearat ($C_{17}H_{35}COOH$) asam laurat ($C_{11}H_{23}COOH$). Asam mirista ($C_{13}H_{27}COOH$) (Respati, 1980)

Asam palmitat terdapat dalam minyak palm, asam laurat dalam palm dan kernel oil, minyak kelapa, asam miristat : pala, asam stearat minyak hewan

2. Asam Lemak Tidak Jenuh

Hampir semua asam lemak tidak jenuh yang terdapat di alam mempunyai atom Karbon antara 18 – 24 dengan variasi letak dari pada ikatan rangkapnya. Apabila ikatan rangkapnya teroksidasi maka akan pecah dan akan menimbulkan bau yang sangat menyengat.

Lemak dan minyak memiliki beberapa sifat fisika dan kimia antara lain (Besari, dkk., 1982) :

1. Sifat Fisika

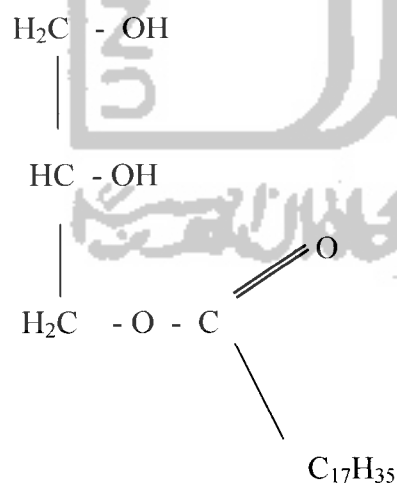
- a. Keduanya tidak berwarna dan berbau serta tidak mempunyai rasa.
- b. Berat jenisnya lebih besar daripada air
- c. Tidak larut dalam air, sedikit larut dalam alkohol
- d. Mudah larut dalam karbon disulfida, terpentin, karbon tetraklorida, eter dan lain-lain
- e. Lemak merupakan pelarut organik yang baik, sehingga banyak digunakan untuk mengekstraksi minyak eteris untuk pembuatan parfum.

2. Sifat kimia

- a. Dapat dihidrolisa oleh pemanasan yang tinggi, atau oleh asam dan basa serta oleh enzim lipase
- b. *Rancidity* (sifat tengik), adalah sifat kimia apabila dibiarkan berhubungan dengan udara akan timbul bau tengik yang menyengat. Hal ini disebabkan karena hidrolisa, terbentuk asam lemak yang rantai atom C nya pendek yang bebau sangat keras, atau bisa terjadi karena teroksidasinya ikatan rangkap. Bila ikatan rangkap teroksidasi maka akan pecah membentuk keton, aldehida atau asam karboksilat rantai pendek yang berbau sangat keras.

- c. Hidrogenasi minyak, karena minyak mengandung ikatan rangkap, maka bila dihidrogenasi akan menjadi padat. Sifat ini digunakan dalam membuat mentega tiruan (*margarine*) dari minyak tumbuhan-tumbuhan. Demikian pula pada pembuatan sabun untuk menghilangkan bau tengik bisa digunakan hidrogenasi.
- d. Auto oksidasi, karena adanya ikatan rangkap pada lemak dan minyak, maka bila terdapat oksidator akan terjadi oksidasi pada ikatan-ikatan rangkap tersebut.
3. Struktur lemak dan minyak tersusun sangat kompleks, diketahui bahwa lemak dan minyak merupakan ester dari gliserol dan asam lemak. Berdasarkan jumlah gugus hidroksida dari gliserol yang diesterkan maka dikenal : Mono gliserida, Di gliserida dan Trigliserida

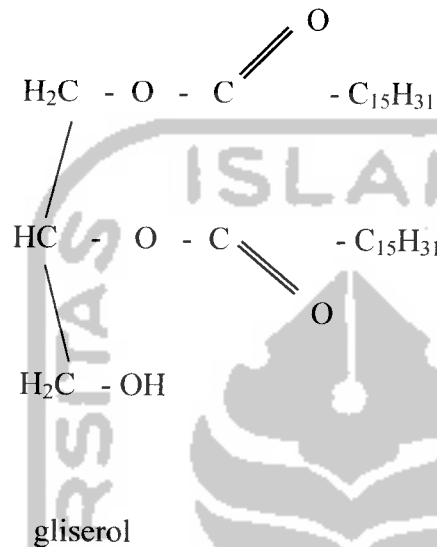
- a. Mono Gliserida : gugus OH yang diesterkan hanya satu buah



Gliserol monostearat

b. Di gliserida : dia gugus OH diesterkan.

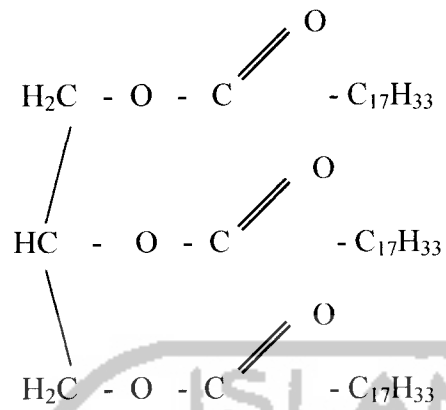
- bila asamnya sama disebut digliserida berasam satu
- bila asamnya berlainan disebut digliserida berasam dua.



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.

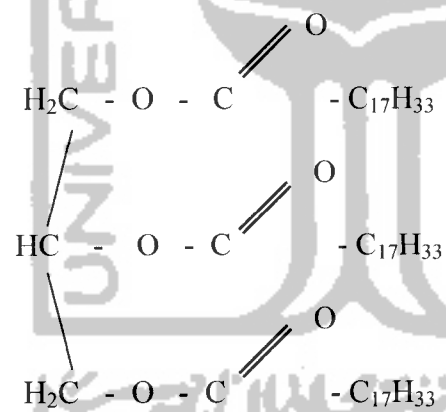
4. Triglicerida berasam satu :



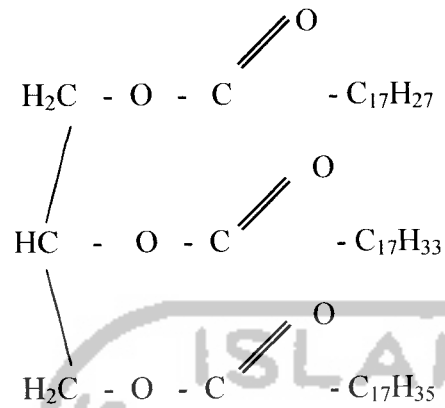
- Gliserol trioleat

- Olein

5. Triglicerida berasam dua :

- Gliserol α , β dioleo λ palmitat- α , β dioleo λ palmitat- λ palmito α , β diolein

6. Triglicerida berasam tiga :



- gliserol α miristo β oleo λ stearat

- α miristo β oleo λ stearat

2.6.3. Sabun dan Deterjen

Dalam kehidupan sehari-hari sangat sering kita mengenal apa yang disebut sabun dan deterjen. Pengertian sabun yang kita ketahui adalah suatu bahan yang digunakan untuk mencuci, baik pakaian maupun alat lainnya. Disamping kita juga mengenal deterjen yang sebenarnya adalah bahan pembersih. Jadi kesimpulannya adalah sabun juga termasuk deterjen.

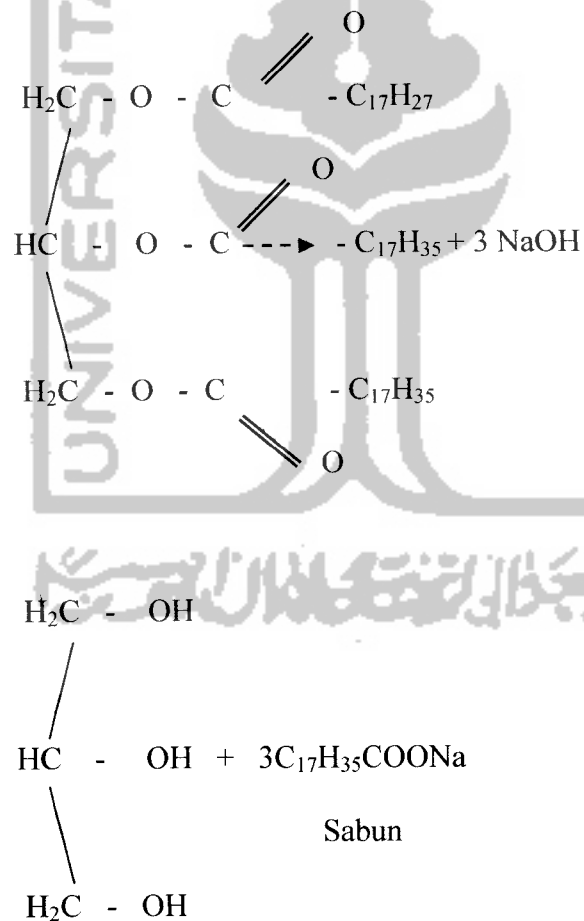
a. Perbedaan sabun dengan deterjen

Pada dasarnya sabun dan deterjen mempunyai perbedaan pada bahan dasar yang dipergunakan.

1. Sabun

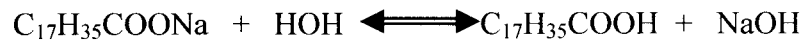
Merupakan garam natrium atau kalium dari asam karboksilat yang mempunyai atom karbon antara 8 – 18. Bila logamnya kalium disebut sabun lunak dan apabila logamnya natrium disebut sabun keras. Sabun lunak adalah sabun yang kita kenal sebagai sabun mandi, sedang sabun keras adalah sabun cuci.

Reaksi pembuatannya adalah sebagai berikut :



Sabun memiliki sifat-sifat kimia diantaranya yaitu :

- a. Dapat terhidrolisa dalam air membentuk basa dan asam karboksilat. Hal ini dikarenakan sabun tersusun oleh basa kuat dan asam lemah.



- b. Dalam air sabun berbentuk koloid, alkilnya bersifat non polar sehingga dapat membersihkan kotoran yang berupa senyawa non polar, sedangkan gugusan karboksilat yang bersifat polar membersihkan kotoran yang bersifat polar.
- c. Dapat bereaksi dengan asam mineral membentuk asam lemak dan garam anorganik.

2. Deterjen

Saat ini banyak dipergunakan deterjen sebagai pengganti sabun cuci. Deterjen adalah derivat Na sulfonat atau sulfat dari suatu senyawa alifatis atau aromatis (Respati, 1980).

Deterjen memiliki sifat pembersih yang lebih tinggi dibandingkan dengan sabun hal ini dikarenakan gugus polarnya berasal dari asam yang lebih kuat dari asam karboksilat pada sabun, sehingga mengakibatkan dalam air tidak mengendap.

Rumus umum deterjen : $\text{R} - \text{CH}_2 - \text{OSO}_3\text{Na}$

Pembuatan deterjen dapat ditunjukkan sebagai berikut :

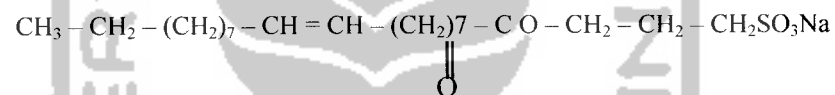
a. Lemak/ minyak dihidrolisa, kemudian direduksi sehingga dihasilkan alkohol rantai panjang.

b. Alkohol tersebut kemudian ditambah asam sulfat sehingga terbentuk alkil sulfat yang bila ditambah dengan basa kuat akan membentuk :



Deterjen

Contoh deterjen yang biasa diperdagangkan :



Deterjen tersebut diatas terbuat dari minyak bumi yakni dengan cara :

- Dari klorasi minyak bumi diperoleh alkil halida, kemudian disulfonasi sehingga akan menghasilkan alkilsulfonat yang bila ditambah dengan natrium hidroksida akan diperoleh natrium alkil sulfonat (deterjen).

- Gugus sulfonat ini lebih kuat diandingkan dengan gugus karboksilat pada sabun sehingga sering dikatakan deterjen lebih kuat daripada sabun.

Sebagai bahan tambahan dalam pembuatan sabun adalah :

- a. Bahan pengisi untuk memperbesar volume seperti kaolin, kanji dan serbuk gergaji.
- b. Parfum sebagai bahan pengharum
- c. Zat pewarna
- d. CMC (Carbon Metil Cellulosa) yang berfungsi untuk memperkuat daya pengemulsa dan mencegah mengendapnya kotoran.
- e. TNT (Tetra Natrium Piro Sulfat) atau natrium tripoli fosfat yang berfungsi untuk memperbesar daya pembersih.

2.6.4. Amilum (kanji)

Amilum atau kanji merupakan bahan makanan yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Amilum termasuk dalam katagori karbohidrat, karbohidrat merupakan senyawa penting bagi kehidupan manusia karena senyawa ini adalah makanan pokok manusia.

Pembentukan karbohidrat di alam terjadi dalam tumbuh-tumbuhan dalam prosesnya yang disebut sebagai fotosintesis. Tumbuh-tumbuhan mengandung khlorofil, yang meupakan katalisator untuk merubah $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ menjadi glukosa dengan bantuan sinar matahari.

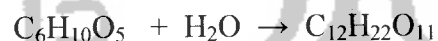
Karbohidrat adalah polisakarida aldehida (aldosa) atau polihidroksi keton (ketosa).

Karbohidrat dibagi menjadi beberapa golongan yaitu, (Respati, 1980) :

- a. Monosakarida (tidak dapat dihidrolisa menjadi molekul yang lebih sederhana) yang terdapat di dalam umumnya mempunyai 5 atom C (pentosa) : Ribosa, arabirosa, silosa atau 6 atom C (heksosa) : glukosa, manosa galaktosa, fruktosa.
- b. Disakarida : Disusun oleh dua molekul monosakarida ; sukrosa (gula pasir) laktosa, maltosa.
- c. Polisakarida : Disusun oleh banyak sekali molekul-molekul monosakarida (amilum, sellulosa)
- d. Glikosida : Molekul monosakarida mengikat molekul bukan gula, molekul bukan gula ini disebut aglikon dan umumnya merupakan senyawa aromatik (arbutin, amigadlin).

Contoh reaksi amilum dengan air :

Amilum/kanji + air \rightarrow maltosa/zat gula yang larut dalam air

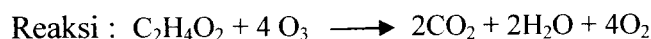


2.7 Degradasi Senyawa-Senyawa Organik oleh Gas Ozon

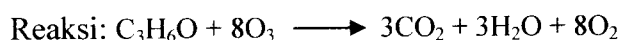
Ozon mampu mendegradasi berbagai senyawa organik diantaranya yaitu :

1. Asam, Alkohol, Aldehid, dan Keton:

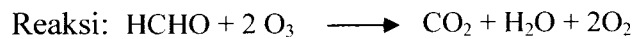
a. Asam Asetik : Rumus kimia: CH_3COOH



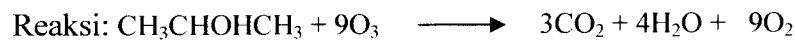
b. Aseton : Rumus kimia : CH_3COCH_3



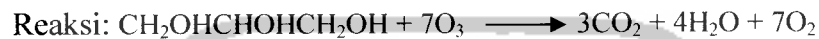
c. Formaldehi : Rumus kimia HCHO



d. Isopropil Alkohol : Rumus kimia : CH₃CHOHCH₃



e. Gliserol : Rumus kimia: CH₂OHCHOHCH₂OH

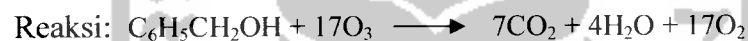


2. Senyawa aromatik:

a. Benzen : Rumus kimia : C₆H₆



b. Benzylalkohol : Rumus kimia : C₆H₅CH₂OH



c. Styrene : Rumus kimia : C₆H₅CHCH₂

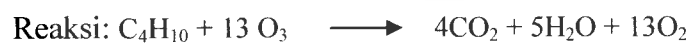


d. Toluene : Rumus kimia : C₆H₅CH₃

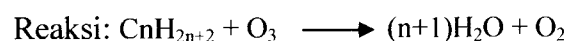


3. Senyawa Aliphatik :

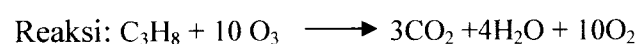
a. Butane : Rumus kimia : C₄H₁₀



b. Gas minyak Cair : Rumus kimia: C_nH_{2n+2}

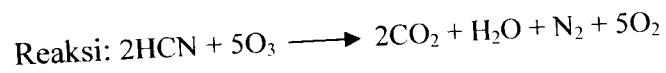
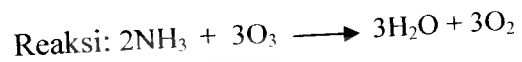


c. Propane : Rumus kimia: C₃H₈



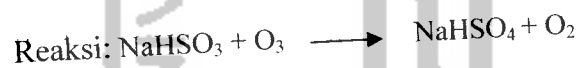
4. Senyawa yang memuat nitrogen

a. Hydrogen Cyanide : Rumus kimia: HCN

b. Ammonia : Rumus kimia: NH₃

5. Senyawa yang memuat sulfur

Senyawa-senyawa ini pada umumnya bereaksi dengan ozon dan menghasilkan sulfur trioksida (SO₃), yang dalam air membentuk asam sulfurik

a. Hydrogen Sulfide : Rumus kimia H₂Sb. Sodium Bisulfit : Rumus kimia : NaHSO₃

6. Diterjen

Non-Ionic Diterjen : Rumus kimia: C_xH_y

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian bertempat di Laboratorium Teknofisikokimia Puslitbang BATAN Yogyakarta, laboratorium Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, serta Laboratorium PU Yogyakarta

3.2 Obyek Penelitian

Obyek penelitian ini adalah Limbah Cair Industri Tekstil PT. Primatexco Indonesia Batang Jawa Tengah, yaitu limbah cair tekstil sebelum dilakukan pengolahan

3.3 Metode Pengumpulan Data

1. Data Primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari pemeriksaan laboratorium, adapun proses perolehan data primer adalah sebagai berikut :
 - a. Pengambilan sampel dari PT. Primatexco
 - b. Pemeriksaan awal kandungan BOD dan COD
 - c. Proses Ozonisasi menggunakan generator ozon milik P3TM Batan Yogyakarta.
 - d. Analisis data pemeriksaan.

2. Data Sekunder, yaitu pengumpulan data dari studi pustaka sebagai penunjang yang berkaitan dengan permasalahan baik yang diperoleh dari penelitian sebelumnya maupun dari instansi terkait.

3.4 Variabel Penelitian

1. Waktu Ozonisasi

0 menit, 20 menit, 40 menit, 60 menit.,80 menit, 100 menit, 120 menit,

2. Parameter Pengujian

1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Tabel 3.1. Metode Pengujian

Parameter	Satuan	Metode Uji	Pengawetan Contoh	Refrensi
BOD	mg/l	Titirasi/ Yodometri (Modifikasi Azida)	Contoh di beri $MnCl_2$ + Alkali Iodida, disimpan dalam lemari es, bertahan hingga 2 minggu	SNI 06-6989.14-2004
COD	mg/l	Titrimetri	Contoh diberi H_2SO_4 pekat, masukkan dalam lemari es suhu kerang lebih $4^\circ C$, bertahan 2 minggu	SNI 06-6989.15-2004
BO (Fenol)	mg/l	Spektrofotometri	Dimasukkan dalam lemari es, bertahan 7 hari	SNI 06-6989.21-2004

(sumber : www.bsn.go.id)

3.5 Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat Penelitian

a. Pengambilan Contoh

- Jerigen plastik warna hitam 25 liter 10 buah

- Corong air besar 4 buah
- Selang $\frac{3}{4}$ inchi panjang 1 meter
- Gayung (ciduk) 4 buah
- Botol kaca 150 ml, sebanyak 50 buah

b. Proses Ozonisasi

- Generator Ozon (*Ozonnizer*)
- Gelas ukur 1000 ml, sebanyak 6 buah
- Stop wacth
- Selang plastik kecil 2 meter

c. Pemeriksaan COD

- Peralatan refluks, yang terdiri dari labu erlenmeyer, pendingin Liebig
- Hot plate atau yang setara;
- Labu ukur 100 mL dan 1000 mL;
- Buret 25 mL atau 50 mL;
- Pipet volum 5 mL; 10 mL; 15 mL dan 50 mL;
- Erlenmeyer 250 mL (labu refluk); dan
- Timbangan analitik.

2. Bahan Penelitian,

a. Pemeriksaan BOD

- Larutan Buffer Pospat
- Larutan Magnesium Sulfat ($MgSO_4$)
- Larutan Kalsium Klorida ($CaCl_2$)

- Larutan ferri Klorida (FeCl_3)

b. Analisa COD

- Larutan baku kalium dikromat 0,25 N.

Larutkan 12,259 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (yang telah dikeringkan pada 1500C selama 2 jam) dengan air suling dan tepatkan sampai 1000 mL.

- larutan asam sulfat – perak sulfat.

Tambahkan 5,5 g Ag_2SO_4 kedalam 1 kg asam sulfat pekat atau 10,12 g Ag_2SO_4 dalam 1000 mL asam sulfat pekat, aduk dan biarkan 1 hari sampai 2 hari untuk melarutkan.

- Larutan indikator ferroin.

Larutkan 1,485 g 1,10 phenanthrolin monohidrat dan 0,695 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam air suling dan encerkan sampai 100 mL.

- Larutan ferro ammonium sulfat (FAS) 0,1 N.

Larutkan 39,2 g $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam air suling, tambahkan 20 mL H_2SO_4 pekat, dinginkan dan tepatkan sampai 1000 mL. Bakukan larutan ini dengan larutan baku kalium dikromat 0,25 N.

- Larutan baku potasium hidrogen phthalat (KHP).

Larutkan 425 mg KHP (yang telah dihaluskan dan dikeringkan pada 1100°C), dalam air suling dan tepatkan sampai 1000 mL. Larutan ini mempunyai kadar COD 500 mg/L O_2 . Bila disimpan dalam refrigerator dapat digunakan sampai 1 minggu selama tidak ada pertumbuhan mikroba.

- Asam sulfamat.

Hanya digunakan jika ada gangguan nitrit, 10 mg asam sulfamat untuk 1 mg nitrit

- Serbuk merkuri sulfat, HgSO_4 .

- Batu didih

c. Penentuan ozon dengan metode Spektrofotometri

- KI : Potasium Iodide p.a No. Cat. 5043 Merck.
- Na_2HPO_4 : di-SodiumHydrogen Phosphate No. Cat. 6586 Merck.
- KH_2PO_4 : Potasium di-Hydrogen Phosphate No. Cat. 4873 Merck.
- I_2 : Iodine No. Cat. 4761 Merck.

3.6 Cara kerja

A. Pemeriksaan BOD (Secara Titrasi)

Penentuan BOD dilakukan dengan menggunakan metode titrasi

Winkler, dimana nilai BOD dapat dihitung dengan rumus:

$$BOD = DO_{(0)} - DO_{(5)}$$

a. Pemeriksaan Oksigen Terlarut (DO)

1. Standarisasi larutan thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

- Ke dalam erlemeyer masukan 20 ml larutan $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ tambahkan 10 ml asam sulfat dan aquadest sampai volume 200 ml
- Titrasi dengan larutan thiosulfat, bila titik akhir titrasi hampir tercapai (warna kuning muda) ditambahkan larutan kanji dan

teruskan titrasi sampai tepat warna biru yang baru muncul hilang kembali

$$\text{Vol IO}_3 \times N \text{ IO}_3$$

$$\text{Normalitas Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{\text{Vol IO}_3 \times N \text{ IO}_3}{\text{Vol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

$$\text{Vol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$$

2. Pemeriksaan oksigen terlarut

- Isi botol BOD dengan contoh air, diusahakan jangan sampai ada gelembung udara kemudian ditutup.
- Masukkan 1 ml MnSO_4 dan 1 ml larutan alkaliiodida (reaksi oksigen) Pemasukan reagen menggunakan pipet 1 ml yang ujung pipet mencapai larutan dasar botol.
- Tutup kembali, kemudian aduk dengan cara membolak-balikan botol sampai homogen.
- Diamkan selama 10 menit sampai kelihatan ada endapan coklat pada dasar botol.
- Tuangkan sebagian isi botol ke dalam labu erlenmeyer, tambahkan 1 ml asam Sulfat pekat. Aduk dan titrasi secepatnya dengan larutan Thiosulfat 1/80 N, tambahkan larutan kanji dan titrasi kembali sampai warna biru hilang.
- Catat volume titran. Untuk larutan yang masih tersisa di dalam botol BOD, tambahkan 1 ml asam sulfat pekat. Kemudian tutup (sampai

berwarna kuning coklat). Titrasi dengan larutan Thiosulfat 1/80 N dengan menggunakan amilum seperti diatas .

- Untuk pemeriksaan DO_5 , contoh sebagaimana perlakuan point b diatas disimpan dalam inkubator selama 5 hari dengan suhu $20^{\circ}C$
- Kemudian lakukan titrasi sesuai dengan perlakuan pemeriksaan $DO_{(0)}$ segera.
- Apabila kadar $DO_{(0)}$ rendah maka dilakukan pengenceran sesuai dengan tingkat pengenceran, seperti pada tabel berikut :

Tabel 3.2. Tabel Tingkat Pengenceran

Kadar DO segera	Tingkat Pengenceran
> 8,0	Tanpa pengenceran
6,0 – 8,0	2 – 5 x
5,0 – 6,0	5 – 10 x
3,0 – 5,0	10 – 15 x
1,0 – 3,0	15 – 20 x
0,1 – 1,0	20 – 25 x
0,0 – 0,1	25. 30. 100 x

(sumber : www.bsn.go.id)

3. Pembuatan air pengencer

Aquadest dalam botol/jerigen, dalam setiap aquadest ditambahkan 1 ml buffer fosfat, 1 ml larutan $CaCl_2$, 1 ml larutan $MgSO$, 1 ml larutan $FeCl_3$, kemudian dicampur dan diaerasi selama 30 menit.

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.

- c) Tambahkan 5 mL larutan kalium dikromat, $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N.
- d) Tambahkan 15 mL pereaksi asam sulfat – perak sulfat perlahan-lahan sambil didinginkan dalam air pendingin.
- e) Hubungkan dengan pendingin *Liebig* dan dididihkan diatas *hot plate* selama 2 jam.
- f) Dinginkan dan cuci bagian dalam dari pendingin dengan air suling hingga volume contoh uji menjadi lebih kurang 70 mL.
- g) Dinginkan sampai temperatur kamar, tambahkan indikator ferroin 2 sampai dengan 3 tetes, titrasi dengan larutan FAS 0,1 N sampai warna merah kecoklatan, catat kebutuhan larutan FAS.
- h) Lakukan langkah 3.5 a) sampai dengan 3.5 g) terhadap air suling sebagai blanko. Catat kebutuhan larutan FAS. Analisis blanko ini sekaligus melakukan pembakuan larutan FAS dan dilakukan setiap penentuan COD (KOK)

C. Penentuan Ozon Menggunakan Metode Spektofotometri

a. Pembuatan Larutan Standar I_2 (Iodine)

1. 16,0 gr KI + 3,173 gr I_2 dilarutkan dalam aquades.
2. Volumanya dijadikan 500 mL.
3. Maka diperoleh larutan I_2 induk = 0,025 M.
4. Larutan ini disimpan dalam botol coklat.

b. Membuat larutan penyangga (*buffer*)

1. 13,61 gr KH_2PO_4 + 14,2 gr Na_2HPO_4 + 10 gr KI.

2. Volumennya dijadikan 1000 mL.
3. Larutan ini disimpan dalam botol coklat dan selalu dalam kondisi baru (maksimal 1 minggu).

c. Mencari panjang gelombang maksimum (λ_{maks})

1. Larutan induk I_2 diambil 5 mL, kemudian dijadikan 100 mL dengan larutan buffer.
2. Dari larutan tersebut diambil 1 mL dan dijadikan 50 mL dengan larutan buffer.
3. Kemudian larutan ini diamati memakai Spektrofotometer pada λ : 300 - 400 nm. (menurut pustaka $\lambda_{\text{maks}} = 352$ nm).

d. Membuat kurva standar I_2

1. Larutan induk I_2 diambil 5 mL, kemudian dijadikan 100 mL dengan larutan buffer, maka diperoleh larutan. $I_2 = 0,00125$ M atau 1250 μmol .
2. Dari larutan. ini dipipet berturut-turut : 0,2 ; 0,4; 0,6 ; 0,8 dan 1,0 mL, maka akan diperoleh deret standar I_2 sebagai berikut :

Tabel 3.2 Pembuatan kurva standar I_2

No	Volume I_2 (ml)	Konsentrasi I_2 (μmol)	Absorbansi pada λ_{maks}
1	0,2	5	
2	0,4	10	
3	0,6	15	
4	0,8	20	
5	1,0	25	

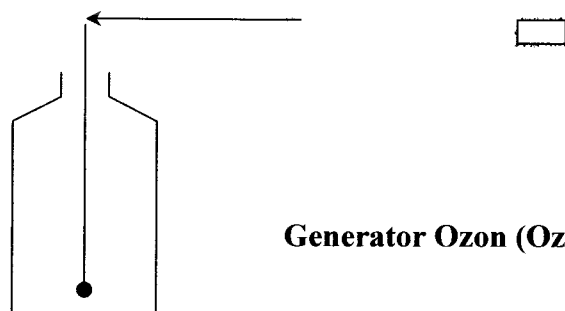
(Sumber :Juklak Penentuan Ozon Metode Spektrofotometri Laboratorium Teknofisikokimia BATAN Yogyakarta)

e. Analisa Ozon (O_3)

1. 50 mL larutan buffer diozonisasi selama 2 menit. Setelah terjadi perubahan warna (dari putih menjadi kuning) segera diamati pada λ_{max} .
2. Kemudian dihitung konsentrasi I_2 memakai kurva standar I_2 .
3. Kemudian dihitung berat ozon berdasar persamaan.

D. Proses Ozonisasi

1. Siapkan contoh yang akan di ozon dengan volume 1000 ml
2. Masukkan contoh dalam tabung ozonisasi
3. Hidupkan ozonizer, masukan selang kedalam tabung, lama waktu ozonisasi sesuai dengan waktu yang ditentukan (lihat gambar 3.1)
4. Analisa data sesuai dengan parameter yang diteliti



Tabung Ozonisasi

Gambar 3.1. Skema Proses Ozonisasi

E. Perhitungan yang digunakan :

1. Perhitungan BOD

$$BOD = DO_{(0)} - DO_{(5)}$$

$$\text{Kadar } O_2 \text{ (ppm)} = \frac{V_{Thio} \times N_{Thio} \times 8000}{V_{botol} - 2}$$

2. Perhitungan COD (KOK)

a. Normalitas larutan FAS

$$\text{Normalitas FAS} = \frac{(16 \times V1)}{V2}$$

Keterangan :

V1 adalah volume larutan $K_2Cr_2O_7$ yang digunakan, ml;

V2 adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan, ml;

N1 adalah Normalitas larutan $K_2Cr_2O_7$

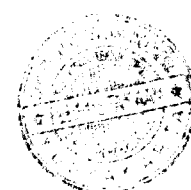
b. Kadar COD (KOK)

$$\text{KOK (mg/L } O_2) = \frac{(16 \times B) \times (N_{K_2Cr_2O_7})}{ml \text{ contoh } \times 10^3}$$

Keterangan :

A adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko, (ml)

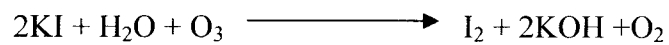
B adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh, (ml)



N adalah normalitas larutan FAS

3. Menghitung berat ozon (O₃)

Dengan persamaan reaksi :



$$\text{mol O}_3 \approx \text{mol I}_2$$

$$= \text{Konsentrasi I}_2 \times \text{Volume Larutan Standar} \times 48 \text{ gr/mol}$$

$$= \dots\dots\dots \text{gram O}_3$$

4. Rumus efisiensi Proses

Rumus yang digunakan untuk menghitung efisiensi proses pengolahan adalah :

$$E_f = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \%$$

E_f = Efisiensi proses penurunan parameter (%)

C₀ = Konsentrasi parameter saat masuk ke proses

C₁ = Konsentrasi parameter saat keluar dari proses.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

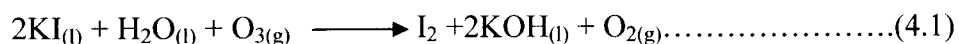
Parameter air limbah yang dianalisa dalam penelitian ini adalah kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen demand*), contoh limbah berasal dari PT. Primatexco Batang Jawa Tengah. Metode yang digunakan pada penelitian adalah pengolahan limbah industri tekstil menggunakan teknologi ozon.

Contoh limbah industri tekstil diozon dengan menggunakan alat penghasil ozon, alat penghasil ozon disebut sebagai ozonizer, konsentrasi ozon yang dihasilkan dapat diketahui, untuk mengetahui jumlah ozon yang dihasilkan oleh *ozonizer* maka dilakukan analisa untuk mengetahui berapa produksi ozon yang dihasilkan.

4.1. Analisa Untuk Menentukan Produksi Ozon

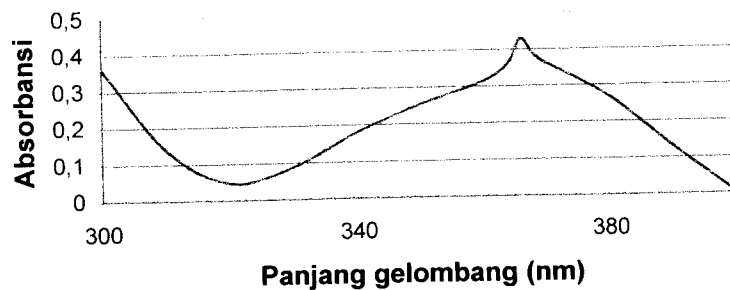
Uji coba yang telah dilakukan untuk mengidentifikasi terbentuknya gas ozon serta penentuan produksi ozon atau berat ozon yang dihasilkan persatuan waktu. Dari hasil percobaan dengan menggunakan indra penciuman terdeteksi bau khas (gas ozon) yang dihasilkan *ozonizer*. Deteksi secara visual terlihat dengan tampak perubahan warna dari larutan Kalium Iodida (KI) yang semula berwarna jernih menjadi kuning (warna I_2), setelah dikontaminasi dengan gas ozon yang dihasilkan *ozonizer*, I_2 yang dihasilkan sebanding dengan ozon yang terdeteksi.

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



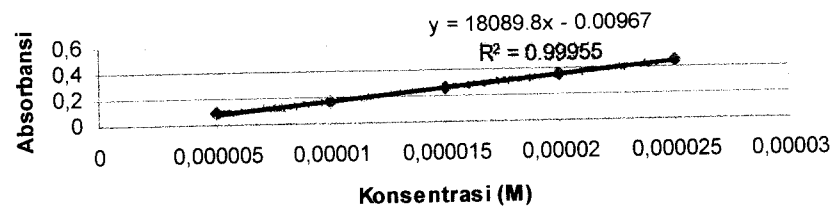
Bedasarkan reaksi di atas, maka dapat ditentukan konsentrasi ozon yang dihasilkan *ozonizer*. Dari persamaan reaksi diatas terlihat bahwa 1 gram molekul I_2 dibebaskan oleh 1 gram molekul O_3 , sehingga dengan menggunakan larutan penyerap standar I_2 untuk menyerap gas ozon maka dapat ditentukan konsentrasi 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.



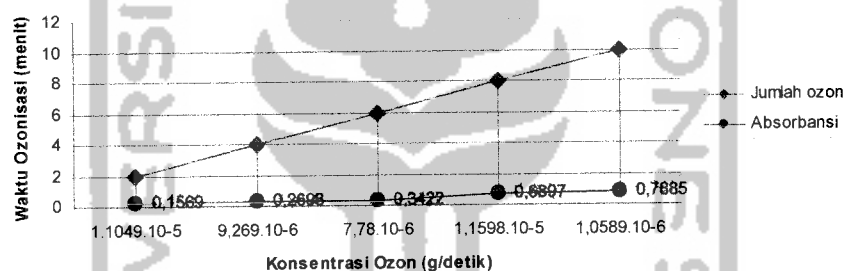
Gambar 4.1. Grafik Spektrum Absorbansi I_2

Kurva standar I_2 dibuat dengan menggunakan serapan larutan standar I_2 pada panjang gelombang maksimum, yaitu 352 nm dengan variasi konsentrasi untuk memperoleh persamaan linier. Persamaan linier yang diperoleh dari hubungan konsentrasi dan absorbansi larutan I_2 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 I_2 ekuivalen dengan 1 mol ozon (O_3) yang bereaksi. Secara jelas dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar. 4.2. Kurva Kalibrasi Larutan Standar I_2

Waktu ozonisasi berpengaruh terhadap konsentrasi I_2 yang terbentuk karena adanya oksidasi I^- menjadi I_2 oleh ozon. Oleh karena itu konsentrasi I_2 semakin tinggi jika waktu ozonisasi semakin lama. Fenomena tersebut terdeteksi dengan terlihatnya warna larutan yang bertambah pekat seiring dengan lamanya waktu ozonisasi, sehingga absorbansi yang terjadi semakin tinggi. Hubungan waktu produksi ozon dengan kenaikan konsentrasi I_2 ditunjukkan pada gambar 4.3 Perhitungan yang dilakukan bahwa jumlah ozon yang dihasilkan oleh ozonizer yang memiliki daya 100 watt adalah 0,2 miligram per detik.

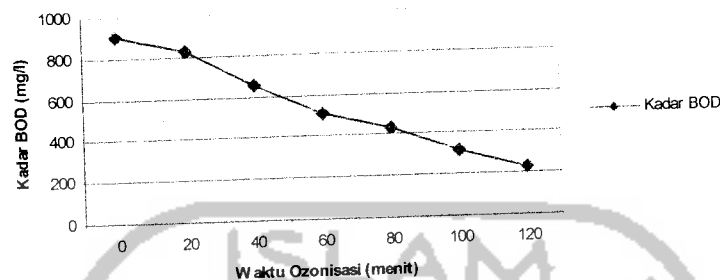


Gambar. 4.3. Grafik Perhitungan Jumlah Ozon

4.2. Hasil Analisa Kadar BOD

Dari hasil analisa dapat diketahui bahwa, proses ozonisasi yang dengan variasi waktu tertentu dapat menghasilkan hasil yang berbeda pula, hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.4 dibawah ini, dari gambar dapat diketahui bahwa penurunan kadar BOD menunjukkan hasil yang cukup baik, berturut-turut penurunan sesuai dengan waktu ozonisasi 0 menit, 20 menit, 40 menit, 60 menit, 80 menit, 100 menit, dan 120 menit yaitu 901 mg/L, 830 mg/L, 656 mg/L, 514

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,

efisiensi penurunan BOD mencapai 74,25 %, dengan efisiensi sebesar itu dapat membuktikan bahwa ozon cukup efektif untuk menurunkan kadar BOD limbah tekstil PT. Primatexco.

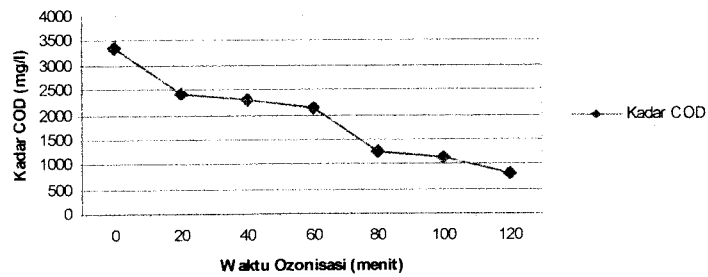
4.3. Hasil Analisa Kadar COD

Sebelum dilakukan ozonisasi kadar COD awal limbah cukup tinggi yaitu 3352 mg/L, pada gambar 4.5 dapat dilihat penurunan kadar COD yang cukup tinggi meskipun tidak sesuai dengan Baku Mutu Limbah Cair SK Gubernur KDH. TK I Jateng No : 660.1/02/1997, yang mensyaratkan kadar COD maksimum harus mencapai 150 mg/L.

Penurunan kadar COD pada waktu ozonisasi 0 menit, 20 menit, 40 menit, 60 menit, 80 menit, 100 menit dan 120 menit yaitu 3352 mg/L, 2429 mg/L, 2322 mg/L, 2122 mg/L, 1245 mg/L, 1119 mg/L, dan 811 mg/L.

Menurut pengertian COD merupakan banyaknya kebutuhan oksigen untuk proses reaksi senyawa-seyawa organik secara kimiawi. Banyaknya reaksi-reaksi kimiawi untuk mendegradasi senyawa organik, mengakibatkan kebutuhan oksigen menjadi banyak, banyaknya kebutuhan oksigen dalam reaksi kimia tersebut menunjukkan banyaknya senyawa-senyawa organik dalam limbah.

Berkurangnya kadar COD ditunjukkan dengan berkurangnya kandungan senyawa-senyawa organik, Ozon sebagai oksidator kuat mampu mengoksidasi senyawa-senyawa organik. Oksidasi ozon menyebabkan terdegradasinya senyawa organik yang kompleks menjadi senyawa organik yang lebih sederhana (Fessenden, 1986).

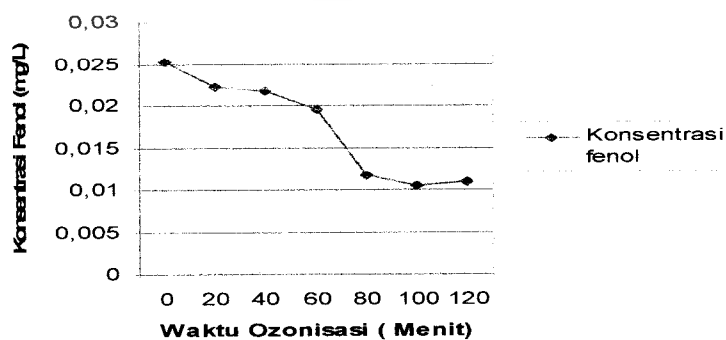


Gambar 4.5 Grafik penurunan kadar COD limbah cair industri tekstil PT. Primatexco.

Dari data penelitian dapat diketahui bahwa ozon memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar COD yang cukup baik. Pada waktu ozonisasi 120 menit terjadi penurunan kadar COD dari COD awal 3352 mg/L menjadi 811 mg/L, efisiensi penurunan COD mencapai 75,80 %, dengan efisiensi sebesar itu dapat membuktikan bahwa ozon cukup efektif untuk menurunkan kadar COD limbah tekstil PT. Primatexco.

4.4. Hasil Analisa Fenol

Penelitian ini melakukan analisa terhadap penurunan kadar fenol yang dimaksudkan untuk membuktikan bahwa senyawa organik dapat terdegradasi oleh ozon (O_3). Hasil analisa dapat dilihat pada Gambar 4.6 dibawah ini :



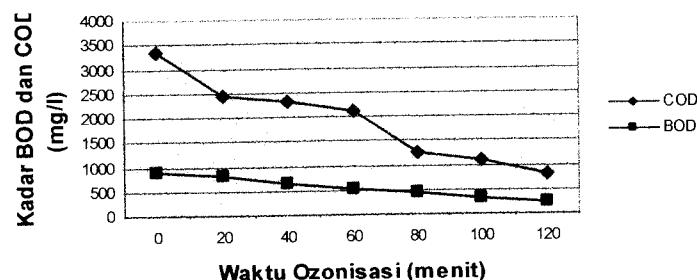
Gambar 4.6 Grafik Penurunan Kadar Fenol

Hasil yang dicapai untuk merunkan kadar fenol dalam limbah berdasarkan waktu ozonisasi, berturut-turut adalah sebagai berikut ; 0 menit, 20 menit, 40 menit, 60 menit, 80 menit, 100 menit, dan 120 menit ; 0,0252 mg/L, 0,0233 mg/L, 0,0218 mg/L, 0,0195 mg/L, 0,0117 mg/L, 0,0105 mg/L, dan 0,0110 mg/L.

Data penelitian tidak menunjukkan peurunan kadar fenol yang cukup baik, akan tetapi dari data diatas bisa disimpulkan bahwa ozon mampu untuk mendegradasi senyawa organik.

Morkini *et al* (1998), menyatakan fenol dapat teroksidasi melalui beberapa proses, misalnya dengan radiasi sinar ultraviolet, ozonisasi dan reaksi dengan hidrogen peroksida. Gas ozon dapat mengoksidasi fenol, sehingga fenol dapat terdegradasi menjadi senyawa organik lain. Reaksi oksidasi fenol apabila direaksikan dengan ozon, sesuai mekanisme yang diusulkan oleh Morkini (Morkini *et al*, 1998), dapat dituliskan sebagai berikut :

Karbon pada posisi ortho dan para pada senyawa fenol merupakan pendonor elektron karena adanya pergeseran elektron dari O pada substituen OH, sehingga pada posisi tersebut mempunyai densitas elektron yang tinggi, maka radikal dari dekomposisi O_3 mempunyai kecenderungan menyerang pada posisi itu, membentuk katekol atau hidrokuinon yang dapat teroksidasi lebih lanjut membentuk 1,2- benzokuinon atau 1,4- benzokuinon, fenol juga dapat mengalami reaksi ozonolisis membentuk mukonaldehida (Mvula and Sonntag, 2003).



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.

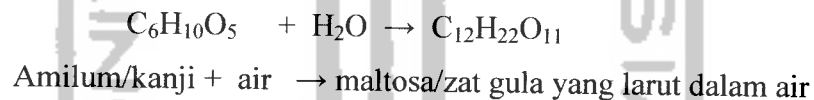
Fenomena penurunan kadar BOD dan COD dapat diperjelas dan dibuktikan dengan fenomena degradasi senyawa-senyawa organik, yang terkandung dalam limbah tersebut.

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

1. Amilum (kanji)

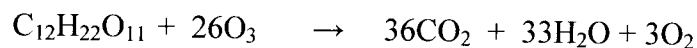
Amilum banyak digunakan dalam proses produksi industri tekstil, terutama pada tahap awal produksi misalnya pemintalan dan pertenenan, setelah dilakukan pembersihan amilum yang terbuang akan larut dalam air sehingga akan menjadi salah satu senyawa organik dalam limbah tekstil.

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

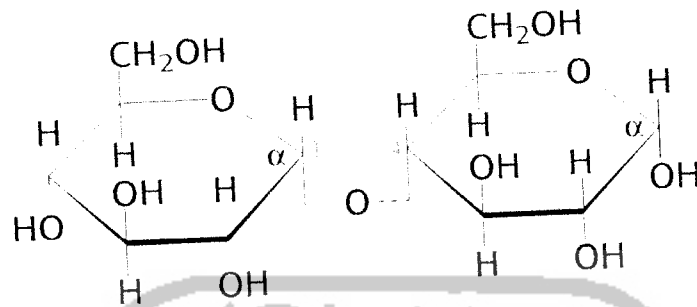


Setelah dilakukan ozonisasi maka amilum yang telah larut dalam air tersebut akan bereaksi dengan ozon (O_3)

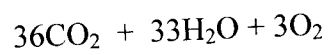
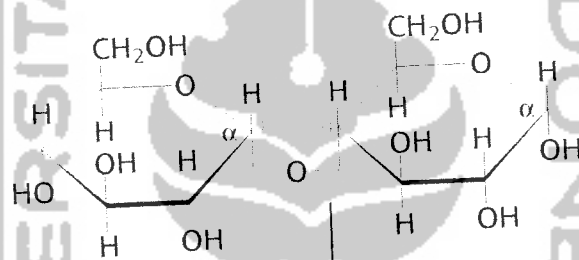
Reaksi yang terjadi antara amilum dan ozon (O_3), pada umumnya akan terjadi seperti berikut :



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 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, yang kemudian

akan bereaksi dengan ozon sehingga akan mengakibatkan terdegradasinya maltosa menjadi karbondioksida, air dan oksigen.

2. Deterjen

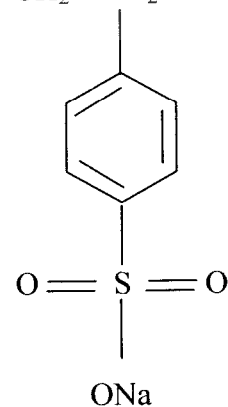
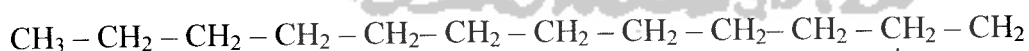
Deterjen dalam proses produksi tekstil digunakan dalam proses pembersihan, deterjen merupakan bahan yang banyak digunakan dalam proses produksi tekstil di PT. Primatexco.

Deterjen yang terbuang bersama air pembersih, akan menjadi limbah, karena deterjen termasuk dalam katagori bahan organik maka deterjen juga dapat meningkatkan kadar BOD limbah.

Deterjen yang sering digunakan dalam proses pembersihan ataupun pencucian memiliki rumus kimia sebagai berikut :

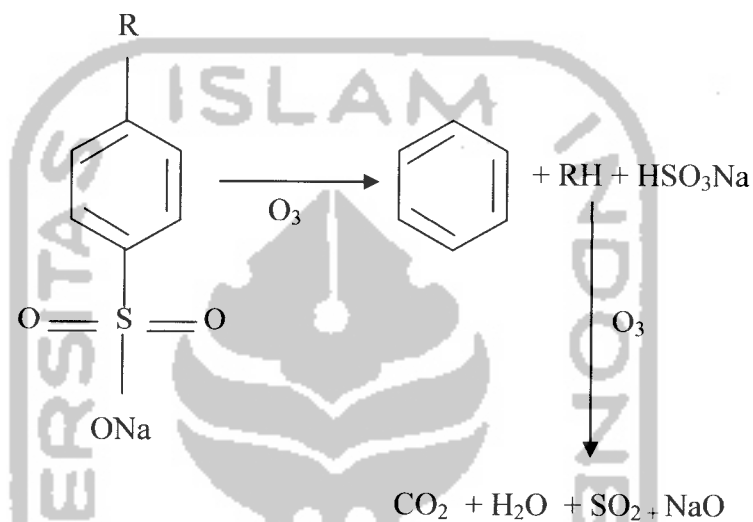


Persamaan diatas merupakan reaksi sederhana antara ozon dan deterjen, reaksi akan sangat panjang dikarenakan deterjen memiliki gugus alkil yang dilambangkan dengan R.



Gambar 4.11 Rumus Struktur Deterjen

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 terdegradasinya dapat dilihat seperti dibawah ini :

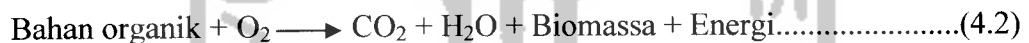


Gambar 4.12 Fenomena Degradasi Diterjen

Gambar Struktur diatas menunjukkan fenomena terdegradasinya diterjen dapat terdegradasi karena bereaksi dengan ozon, ozon sebagai oksidator akan mengoksidasi diterjen yang terdiri dari R-OSONa, terdegradasi menjadi benzene dan RH + HSO₃Na, dengan reaksi yang panjang dan terus menerus maka senyawa organik akan berubah menjadi CO₂ + H₂O + SO₂ + NaO

4.5. Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)

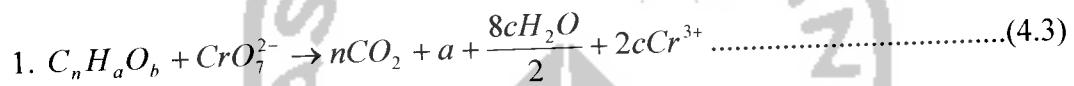
Penetapan kandungan BOD didasarkan atas reaksi oksidasi bahan organik dengan oksigen yang ada didalamnya, dan proses tersebut berlangsung karena ada bakteri aerob. Reaksi yang terjadi dalam botol diasumsikan sama dengan reaksi aerobik dan terjadi dalam dua tahap yang terpisah. Mula-mula bahan organik 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:



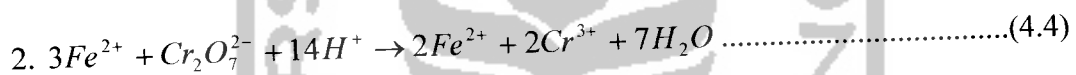
Nilai BOD limbah cair industri tekstil PT. Primatexco sebelum dilakukan pengolahan yang semula di atas batas kadar maksimal baku mutu limbah cair industri tekstil, setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode ozonisasi, kadar BOD yang terdapat dalam limbah ternyata mengalami penurunan. Dari 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.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5. 1. Kesimpulan

1. Ozonisasi dapat menurunkan kadar BOD pada waktu ozonisasi selama 120 menit, dari kadar awal 901 mg/l turun menjadi 232 mg/l, efisiensi penurunan kadar BOD sampai dengan 74,25 %
2. Ozoniasi dapat mnurunkan kadar COD pada waktu ozonisasi selama 120 menit, dari kadar awal 3352 mg/l turun menjadi 811 mg/l, dengan efisiensi penurunan kadar COD sampai dengan 75,80 %
3. Dalam penelitian ini dapat diketahui bahwa ozonisasi mampu untuk mendegredasi senyawa organik fenol

5. 2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian dengan volume limbah yang lebih besar dengan memanfaatkan ozonizer yang dilakukan pada penelitian ini
2. Perlu dilakukan penelitian dengan waktu ozonisasi yang lebih lama untuk mengetahui titik jenuh ozonisasi.
3. Perlu dilakukan penelitian sederhana akan tetapi dalam kondisi continue dengan konsentrasi BOD dan COD yang fluktuatif, untuk membuktikan bahwa ozon efektif digunakan dalam pengolahan limbah

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, H, 1992., "Kimia unsur dan radiokimia", UI Press, Jakarta.
- Alaerts dan Simestri, 1984 Metode Penelitian Air, Usaha Nasional, Surabaya.
- Anonim, 1976., Kualitas Air Buangan Industri Tekstil, Departement Perindustrian, Dirjen Industri Tekstil, Jakarta.
- Anonim, 1999., *A Service From The Canadian Center For Accuptional Health and Safty (CCOHS)*, Basic Information On Ozon, Februari.
- Aprilita, N.H, dan E.T. Wahyuni. 2000., Penanganan Fenol dalam Limbah dengan Menggunakan zeolit alam sebagai adsorben. Universitas Gajah Mada,
- Baldur Elliason, et.al, 1999., *Modeling And application of Silent Discharge Plasma, IEEE, Transaction On Plasma Scien*, Vol. 19, No. 2.
- Chotib, 1990., Diktat Pengolahan air Buangan, Istitut Teknologi Bandung, Bandung.
- Cooper, 1978., *The Textile Indsutri Noyes Date Corporation*, Bark Ride, New Jersy, Cotton, F.A dan G. Wikinson. Kimia Organik Dasar. Universitas Indonesia, Jakarta, 1976.
- Fesenden & Fesenden. 1986., *Organic Chemistry*. Wadsworth Inc. Belmont, California.
- Ismail Besari, dkk, 1982., Kimia Organik Untuk Universitas, CV. Armico, Bandung.
- Jenie,B.S.C, dan W.P. Rahayu, 1990., *Pengolahan Limbah Industri Pangan*, Kanisius, Yogyakarta,

- Kogelschatz, U, 1988., *Advanced Ozon. Generation in Process Technologi for Water Treatment*. Baden, Switzerland: ABB Cooperation Research Ltd,
- K. Patel, et.al, 2001., *What Is Ozone ?*, *Ozone Limited*, 30 London Road, Madras 600010, India.
- Potter Clifton, dkk, 1994., *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia*, Sumber, Pengendalian dan Baku Mutu., *Environmental Management Development in Indonesia*.
- Leonore S.F. Cleveri, et al. 1988., *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, No. 3112, 20th Edition, Washington DC; APHA, AWWA, WEF.
- Mintolo. 2002., *Pembuatan Ozon dan Analisisnya Secara Spektrofotometri*. Skripsi. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir BATAN, Yogyakarta., (Tidak dipublikasikan)
- Morkini, A., 1997., *Oxidation of Aromatic Compounds with Uv Radiation/Ozone/Hydrogen Peroxide*, <http://www.photon.qulub.es/research/morkini-cutec.97.doc>, tahun, diakses 24 februari 2005
- Mvula, E., and Sonntag, C. 2003., *Ozonolysis of phenols in Aqueous Solution*.[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve &db=PubMed&list_12926365&dopt=Abstract](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_12926365&dopt=Abstract), diakses 25 februari 2005
- Respati, 1980., *Pengantar kimia Oganik Aksara Baru*, Jakarta.
- Sugiharto, 1987., *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Jakarta Pers.

Tebbut, dkk, Prinsip Pengendalian Kualitas Air (*Principles of Water Quality Control*), Kalshure, FR German, Desember 1990.

Tjokrokusumo, 1995., Pengantar Konsep Teknologi Bersih Khusus Pengelolaan dan Pengolahan Air, STTL 'YLH" Yogyakarta.

Tri Basuki, Kris, dkk, 2004., Ozon dan Aplikasinya, Seminar di PTPN X, Kediri, 1-2 .

Tri Basuki, dkk, 2003., Rancang Bangun Ozonizer Jinjing dan Manfaatnya untuk Netralisasi Limbah Cair Industri dan Paska Panen, Puslitbang Teknologi Maju BATAN Yogyakarta.

Usada Widdi, dkk, 2002., Prosiding PPI Litdas IPTEK Nuklir P3TM Batan Yogyakarta.

Usada, Widdi, dkk, 2003., Litbang Pembuatan Plasma Ozonizer 100 W Untuk Perlakuan air dan Udara, Batan Yogyakarta, Proposal kegiatan T.A. 2003

[http://: www.ozonet.com](http://www.ozonet.com), 2005

[http://:www.H2O2.com](http://www.H2O2.com)// *INTRODUCTION TO HYDROGEN PEROXIDE environmental application overview*,2005.

LAMPIRAN - LAMPIRAN



LAMPIRAN 1

DATA-DATA PENELITIAN

PERHITUNGAN JUMLAH OZON

Data Absorbansi Larutan Standar I₂ pada Berbagai Panjang Gelombang

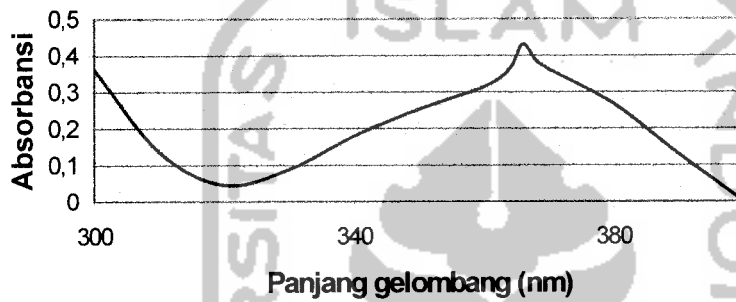
No	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
1	300	0,36275
2	310	0,13803
3	320	0,04675
4	330	0,08966
5	340	0,18092
6	350	0,25407
7	360	0,31419
8	364	0,36258
9	366	0,43016
10	368	0,38704
11	370	0,36226
12	380	0,26822
13	390	0,13022
14	400	-0,00017

Data Absorbansi pada Berbagai Variasi Konsentrasi I₂

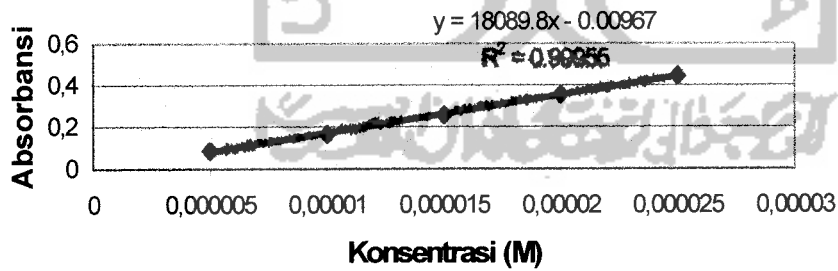
No	Konsentrasi I ₂ (M)	Absorbansi
1	0	0
2	0,000005	0,0857
3	0,000010	0,16591
4	0,000015	0,25835
5	0,000020	0,35498
6	0,000025	0,44341

Jumlah Ozon pada Berbagai Variasi Waktu Ozonisasi

No	Waktu	Absorbansi	Konsentrasi Ozon (M)	Konsentrasi Ozon (g)	Konsentrasi Ozon (g)per detik
1	2	0,1569	$9,2079 \cdot 10^{-6}$	$2,2099 \cdot 10^{-5}$	$1,1049 \cdot 10^{-5}$
2	4	0,2698	$1,5499 \cdot 10^{-5}$	$3,707 \cdot 10^{-5}$	$9,269 \cdot 10^{-6}$
3	6	0,3422	$1,94 \cdot 10^{-5}$	$4,668 \cdot 10^{-5}$	$7,78 \cdot 10^{-6}$
4	8	0,6897	$3,8661 \cdot 10^{-5}$	$9,2786 \cdot 10^{-5}$	$1,1598 \cdot 10^{-5}$
5	10	0,7885	$4,4122 \cdot 10^{-5}$	$1,0589 \cdot 10^{-4}$	$1,0589 \cdot 10^{-6}$



Grafik Spektrum Absorbansi I₂



Kurva Kalibrasi Larutan Standar I₂

5. Waktu ozonisasi 10 detik ($Y = 0,7885$)

$$X = \frac{0,7436 + 0,00967}{18089,8} = 4,4123 \cdot 10^{-5} M$$

Jumlah O_3 per 10 detik = Konsentrasi x Volume x Berat Molekul

$$= 4,4123 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} \times 5 \cdot 10^{-2} \text{ L} \times 48 \text{ g/mol}$$

$$= 1,0589 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

Jumlah O_3 per detik = $1,0589 \cdot 10^{-5} \text{ g/detik}$

Rata-rata jumlah O_3 per detik:

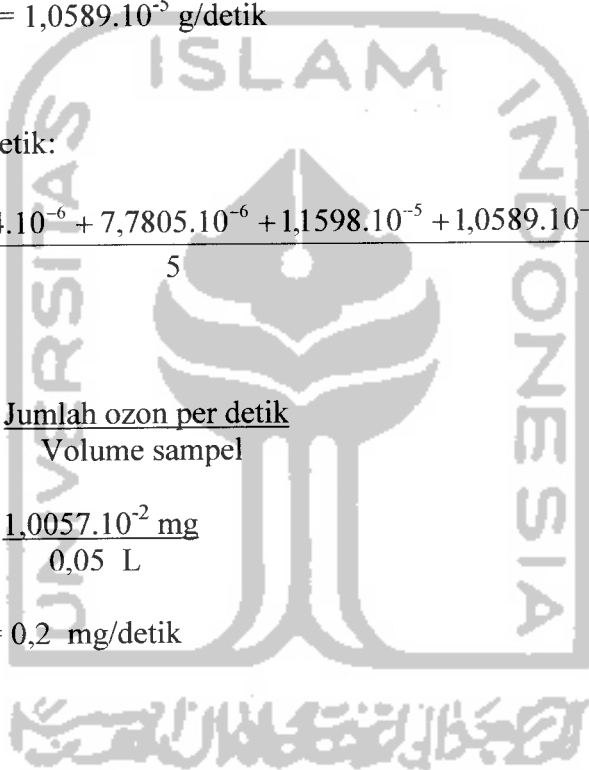
$$O_3 = \frac{1,1049 \cdot 10^{-5} + 9,2694 \cdot 10^{-6} + 7,7805 \cdot 10^{-6} + 1,1598 \cdot 10^{-5} + 1,0589 \cdot 10^{-5}}{5}$$

$$= 1,0057 \cdot 10^{-5} \text{ g/detik}$$

Konsentrasi O_3 Per detik = $\frac{\text{Jumlah ozon per detik}}{\text{Volume sampel}}$

$$= \frac{1,0057 \cdot 10^{-2} \text{ mg}}{0,05 \text{ L}}$$

$$= 0,2 \text{ mg/detik}$$



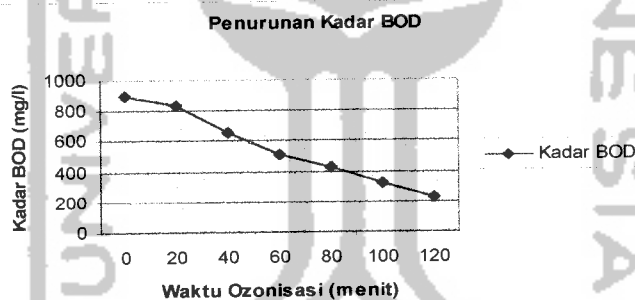
LAMPIRAN 2

TABEL HASIL PENGUJIAN BOD dan COD LIMBAH

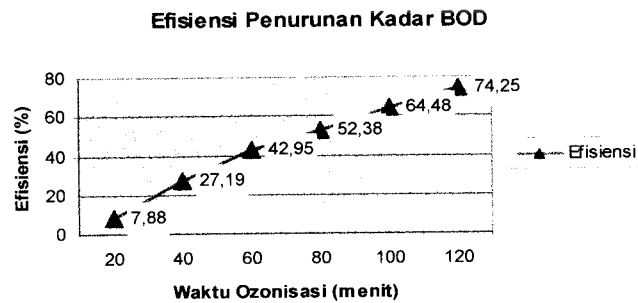
Tabel Hasil Pengujian BOD Limbah

No	Waktu Ozonisasi (Menit)	Pengujian BOD			BOD (mg/l)
		I (mg/l)	II (mg/l)	III (mg/l)	
1	0	900	893	910	901
2	20	824	856	810	830
3	40	670	657	642	656
4	60	512	500	532	514
5	80	443	421	425	429
6	100	321	318	322	320
7	120	230	228	240	232

Grafik Penurunan Kadar BOD Limbah



Grafik Efisiensi Penurunan Kadar BOD





LAMPIRAN III

LAMPIRAN 3 :

Aplikasi Teknologi Ozonisasi Dalam Pengolahan Limbah PT. Primatexco

Telah dibuat rencana aplikasi teknologi ozonisasi untuk mengolah limbah cair industri tekstil PT. Primatexco. Rencana aplikasi dengan cara memanfaatkan beberapa unit lama diubah fungsi menjadi unit ozonisasi.

Adapun perencanaan mencakup desain lay out instalasi, perhitungan jumlah ozonizer, dan perencanaan biaya operasional.

5.1. Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. Primatexco

Instalasi Pengolahan limbah PT. Primatexco terdiri dari :

1. Bak Ekualisasi

Bak Ekualisasi adalah tempat penampungan limbah yang berasal dari proses produksi (inlet). Tujuannya agar limbah lebih homogen (rata) kandungan parameter yang ada didalamnya, menurunkan suhu dan pH. Bak ekualisasi mempunyai panjang 70 meter, lebar 15 meter dan kedalaman bak 3,15 meter.

2. Bak Aerasi I dan II

Bak aerasi adalah bak yang berisi lumpur aktif yang diaerasi secara terus menerus sehingga perkembangan mikroorganisme diharapkan semakin cepat sehingga akan membantu dalam proses pembusukan bahan organik.

Bak aerasi ini memiliki panjang 70 meter, lebar 15 meter dan kedalaman 3,75 meter.

3. Bak sedimentasi

Bak sedimentasi yang ada dalam instalasi berbentuk *rectangular*, bak ini dibuat sedemikian rupa sehingga membantu proses pengendapan, sebagian lumpur yang mengendap akan dikembalikan ke bak aerasi. Diameter bak sedimentasi adalah 12 meter dengan kedalaman 3 meter.

4. Bak kontrol

Bak kontrol adalah bak berisi ikan sebagai kontrol apakah limbah yang dibuang ke badan air masih mengandung bahan berbahaya atau tidak.

5. Bak Emergensi

Bak ini berfungsi apabila hasil effluent kurang sempurna sehingga dari bak ini limbah akan dikembalikan ke bak aerasi.

5.2 Data Perencanaan

1. Data Skala Laboratorium :

- a. Volume Limbah = 1000 ml atau 1 liter
- b. Konsentrasi Ozon = 0,2 mg/detik, dengan daya ozonizer 100 watt

Jadi dapat dihitung :

Dari desain awal debit air yang masuk dalam unit intalasi perhari yaitu :

$$\begin{aligned}\text{Debit limbah yang dikeluarkan} &= 390 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 390.000 \text{ liter/hari} \\ &= 16250 \text{ liter/jam} \\ &= 270,8 \text{ liter/menit}\end{aligned}$$

Diketahui dari data lapangan :

- Kapasitas pengolahan maksimum = $2000 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Volume limbah yang ditampung = 2750 m^3

Diketahui dari data lapangan dimensi unit Ekualisasi :

$$\begin{aligned}\text{Panjang Bak} &= 70 \text{ meter} \\ \text{Lebar Bak} &= 15 \text{ meter} \\ \text{Kedalaman Bak} &= 3,15 \text{ meter}\end{aligned}$$

2. Bak Ozonisasi

Bak ozonisasi ini dibuat untuk menggantikan fungsi bak aerasi, adapun jumlah bak yang di buat dua, yaitu bak ozonisasi I dan II yang diredesain sebagai pengganti fungsi bak aerasi I dan II

Perhitungan :

Bak Ozonisasi I dan II persegi panjang dengan ukuran dimensi yang sama

Perekayasa :

Diketahui dari data lapangan :

- Volume Limbah yang dapat ditampung :

$$\text{Bak Aerasi I} = 3000 \text{ m}^3$$

$$\text{Bak Aerasai II} = 3000 \text{ m}^3$$

- Kapasitas Pengolahan Maksimum adalah $2000 \text{ m}^3/\text{hari}$

Diketahui dari data lapangan dimensi unit aerasi adalah :

$$\text{Panjang bak ozonisasi I dan II} = 70 \text{ meter}$$

$$\text{Lebar bak ozonisasi I dan II} = 15 \text{ meter}$$

$$\text{Kedalaman bak Ozonisai I dan II} = 3,75 \text{ meter}$$

3. Bak Sedimentsi

Penggunaan bak sedimentasi tidak dirubah, tetap digunakan sebagai unit sedimentasi.

Diketahui dari data lapangan bahwa :

Kapasitas Bak sedimentasi adalah : 390 m^3

Diameter Bak 12 meter

Kedalaman bak 3 meter

Maka kebutuhan ozon dalam proses ozonisasi dapat

dihitung :

Kebutuhan ozon = konsentrasi ozon x volume limbah

$$= 12 \text{ mg/menit} \times 270,8 \text{ liter/menit}$$

$$= 3249,6 \text{ mg/menit}$$

$$= 54,16 \text{ mg/detik}$$

- Jika 100 watt ozonizer dapat menghasilkan ozon 0,2 mg/detik

Dari perhitungan laboratorium plasma P3TM BATAN Yogyakarta,

diketahui bahwa ozonizer yang memiliki daya 200 watt dapat

menghasilkan 0,9 mg/detik

Dapat diasumsikan bahwa bahwa 1000 watt ozonizer akan

menghasilkan ozon sebesar 5 mg/detik

- Ozonizer yang akan digunakan dalam proses ozonisasi limbah

dalam unit instalasi memiliki daya 1000 watt, sehingga kebutuhan

ozonizer dapat dihitung :

- Diketahui : Kebutuhan Ozon = 54,16 mg/detik

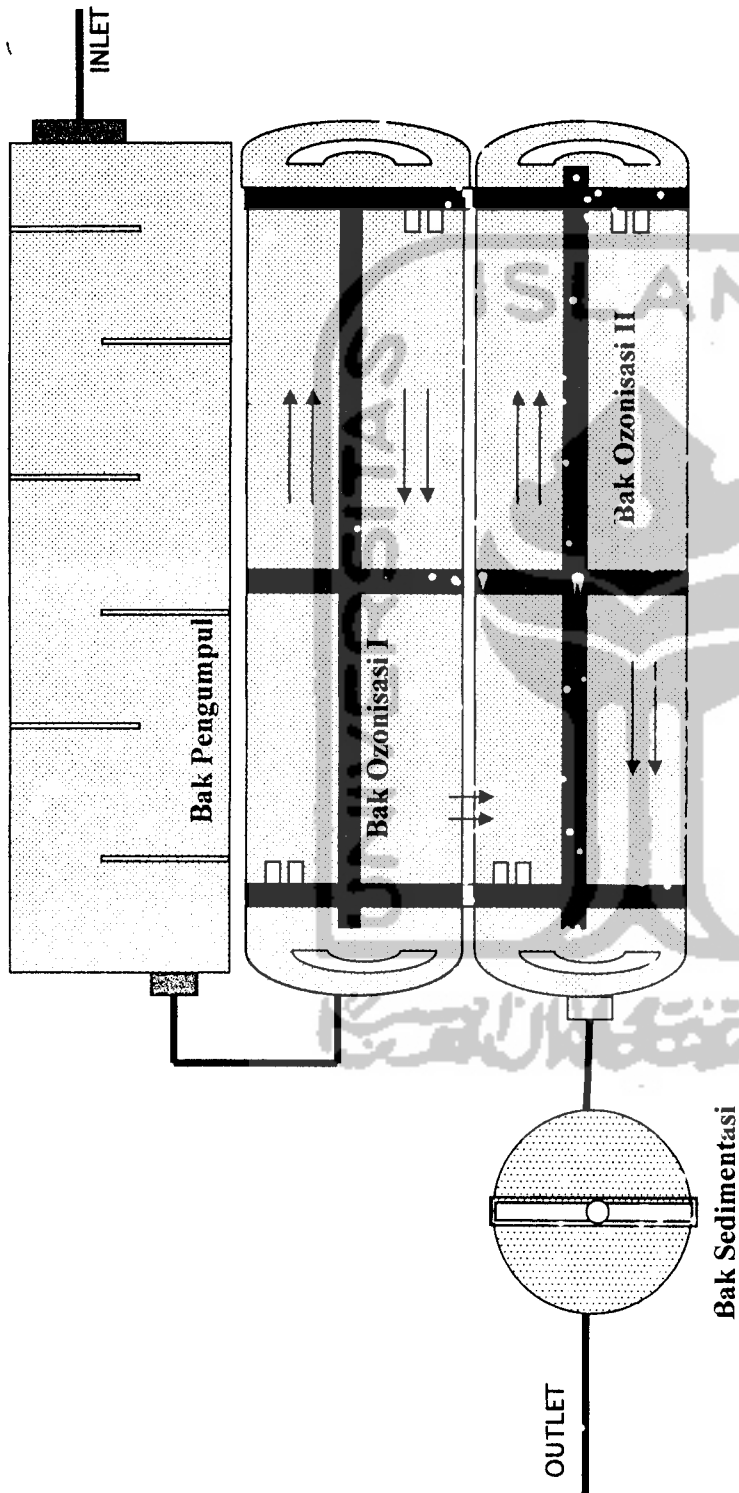
$$\frac{54,16 \text{ mg / detik}}{5 \text{ mg / detik}} = 10,832 \approx 11 \text{ buah}$$

- Kebutuhan daya listrik dalam 1 hari :


$$11 \text{ buah} \times 1000 \text{ watt} \times 1 \text{ jam} = 11.000 \text{ watt}$$

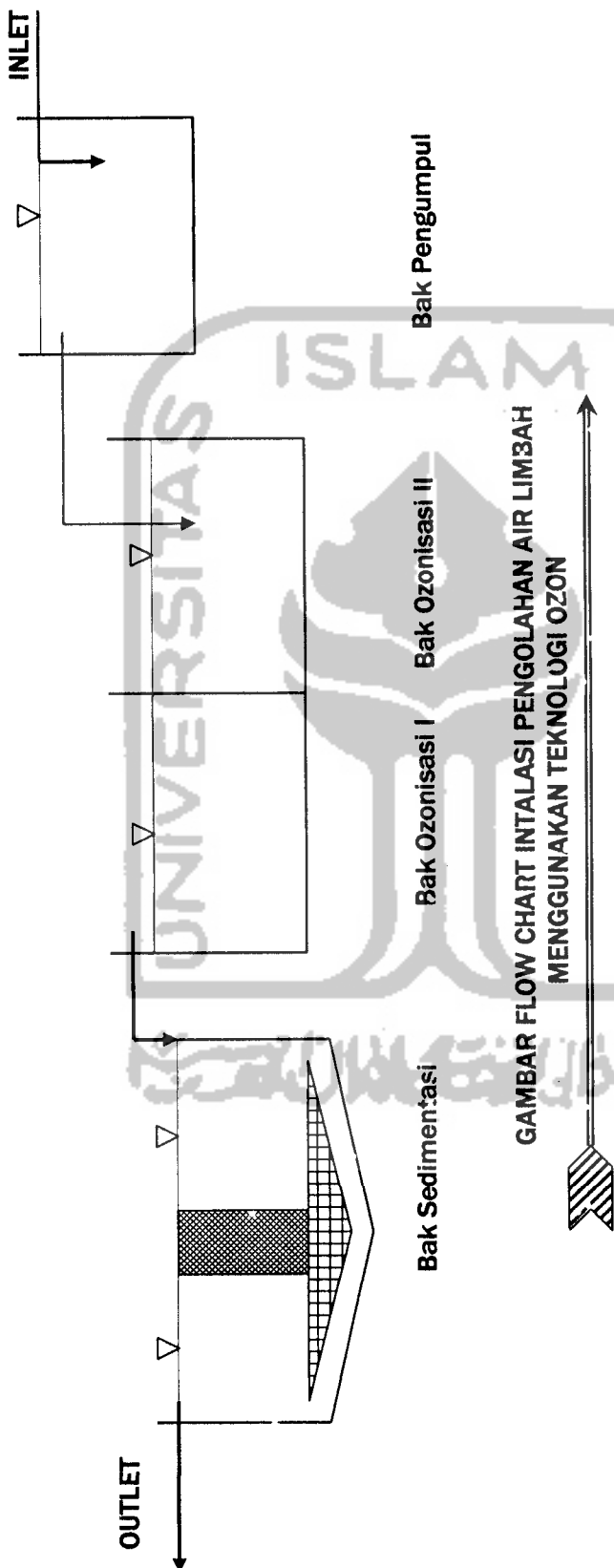
$$11.000 \text{ watt} \times 24 \text{ jam} = 264.000 \text{ watt}$$

$$= 26,4 \text{ Kwh}$$



**GAMBAR LAY OUT REKAYASA INTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
MENGUNAKAN TEKNOLOGI OZON**

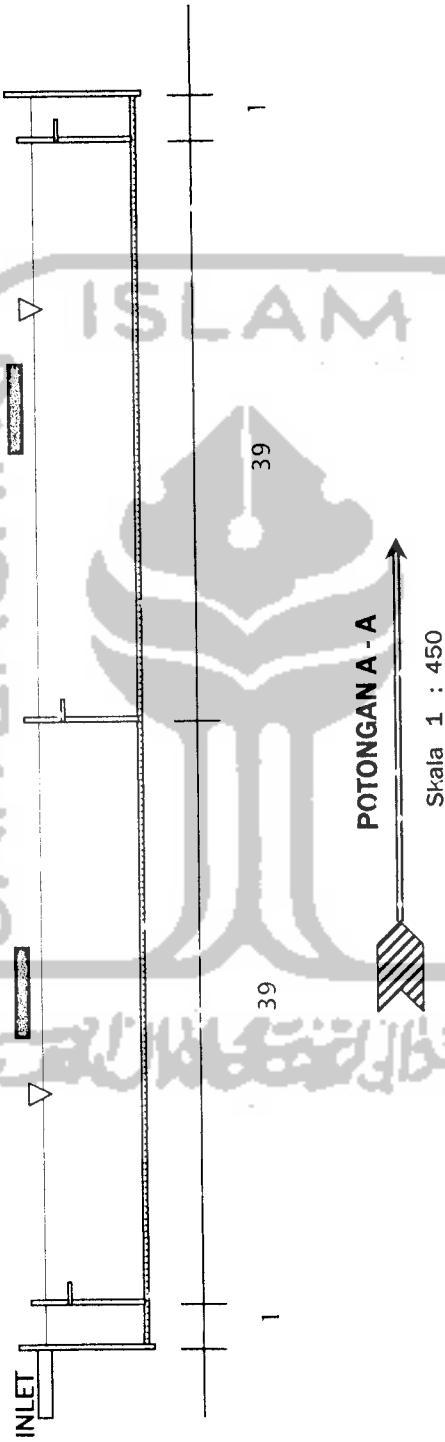
		JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	
Gambar	Skala	Digambar oleh	
Lay Out Instalasi "Rekayasa Pengolahan Air Limbah"	Tanpa Skala	Anis Luthyana	
Tanggal	Proyek	Jml Gambar	Gambar Ke
11 Agustus 2005	Pengolahan Limbah P.T. Primadeco	10	1



GAMBAR FLOW CHART INTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH MENGGUNAKAN TEKNOLOGI OZON

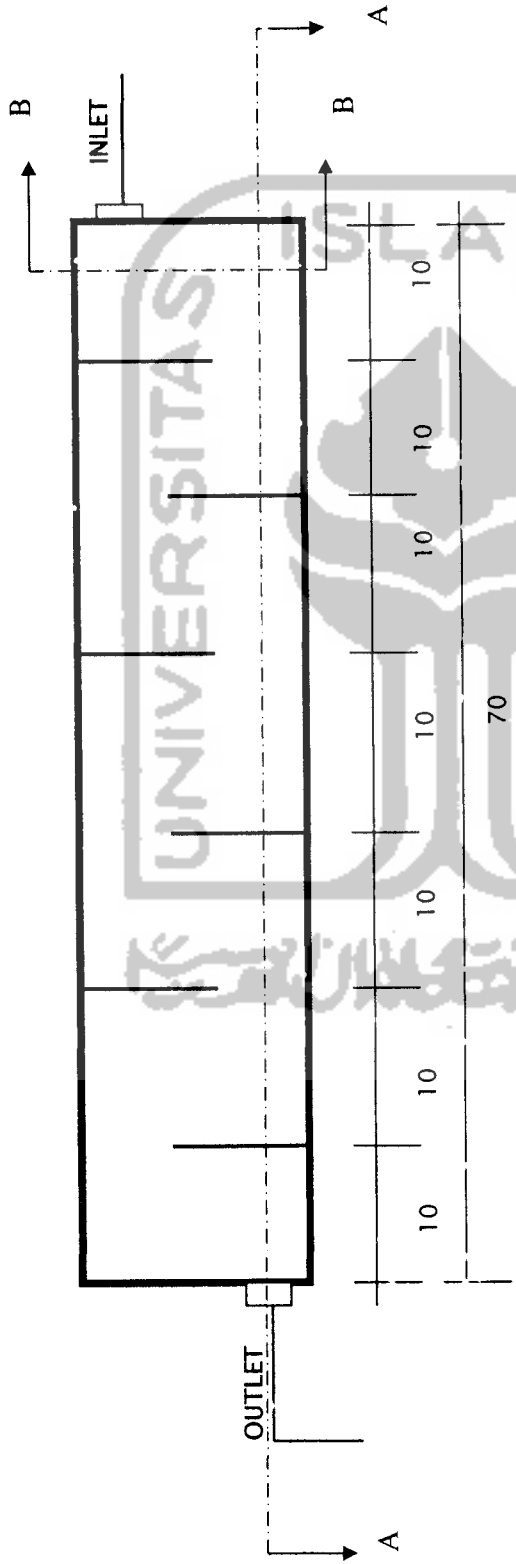
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA			
Gambar	Skala	Ungambar oleh	
Flow Chart Pengolahan Air Limbah	Tanpa Skala	Anni Ca-yono	
Tanggal	Proyek	Daftar Gambar	Gambar ke
11 Agustus 2005	Pengolahan Limbah PT. Pratomo	10	2






JURUSAN TEKNIK INGGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		Gambar	Skala	Digambar oleh
		POTONGAN A - A	1 : 450	Anri Cahyono
		Tanggal	Proyek	Jml Gambar
		11 Agustus 2005	Pengolahan Limbah PT. Primatenco	10
				4

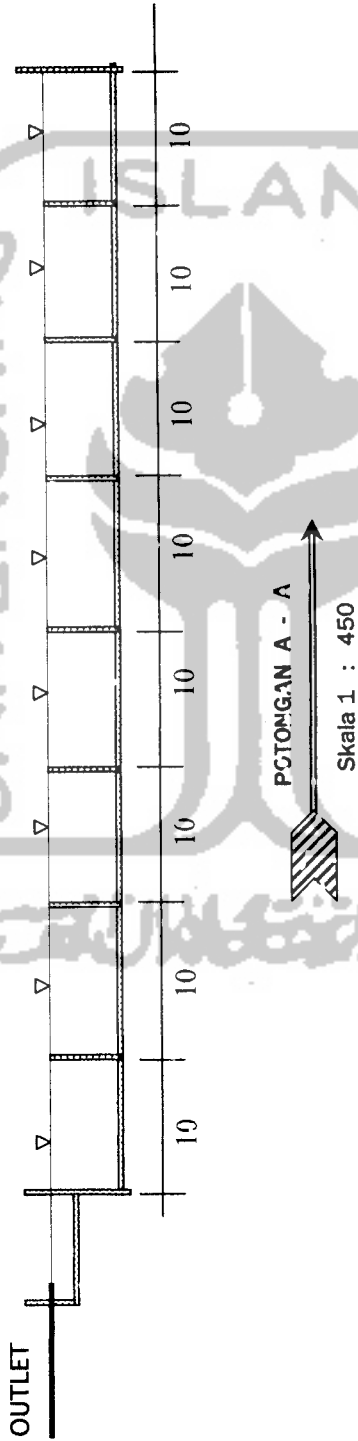




DENAH BAK PENGUMPUL

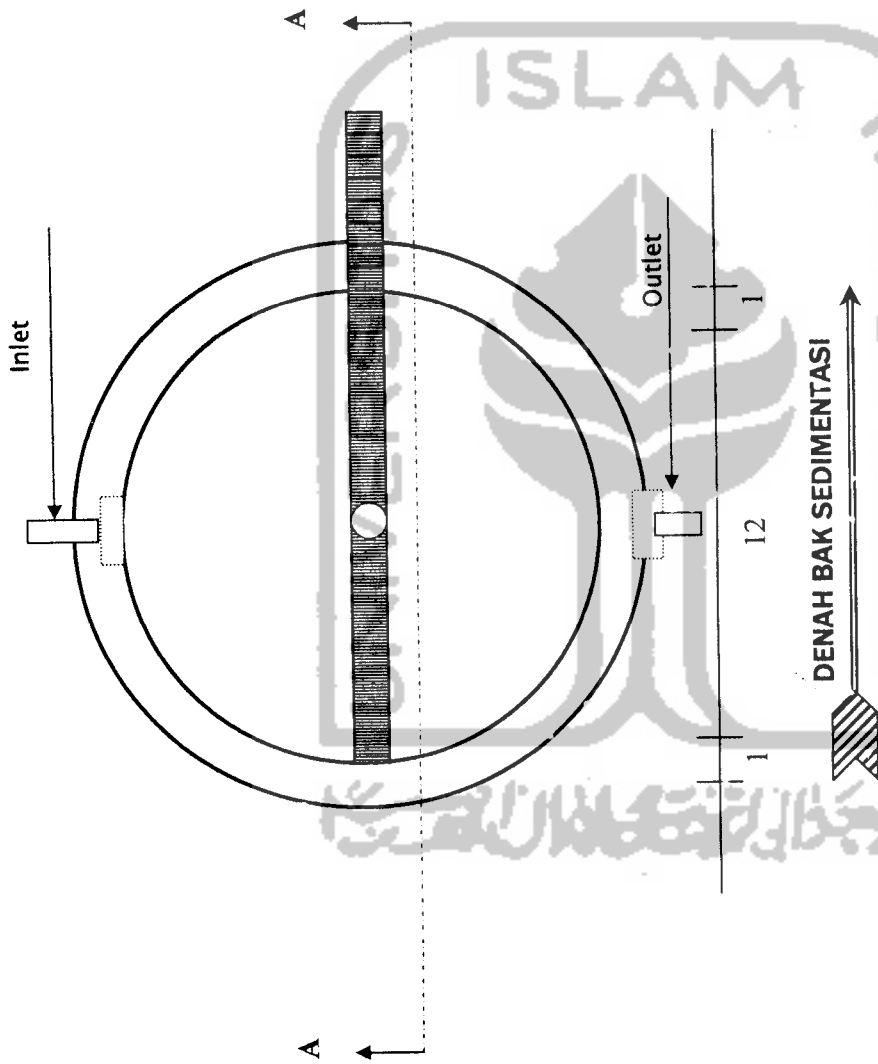
Skala 1 : 450

		JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	
		Gambar	Skala
Denah Bak Pengumpul	1 : 450	Anni Cahyoro	
Tanggal	Proyek	Jml Gambar	Gambar ke
11 Agustus 2005	Pengolahan Limbah PT. Primadeco	10	6



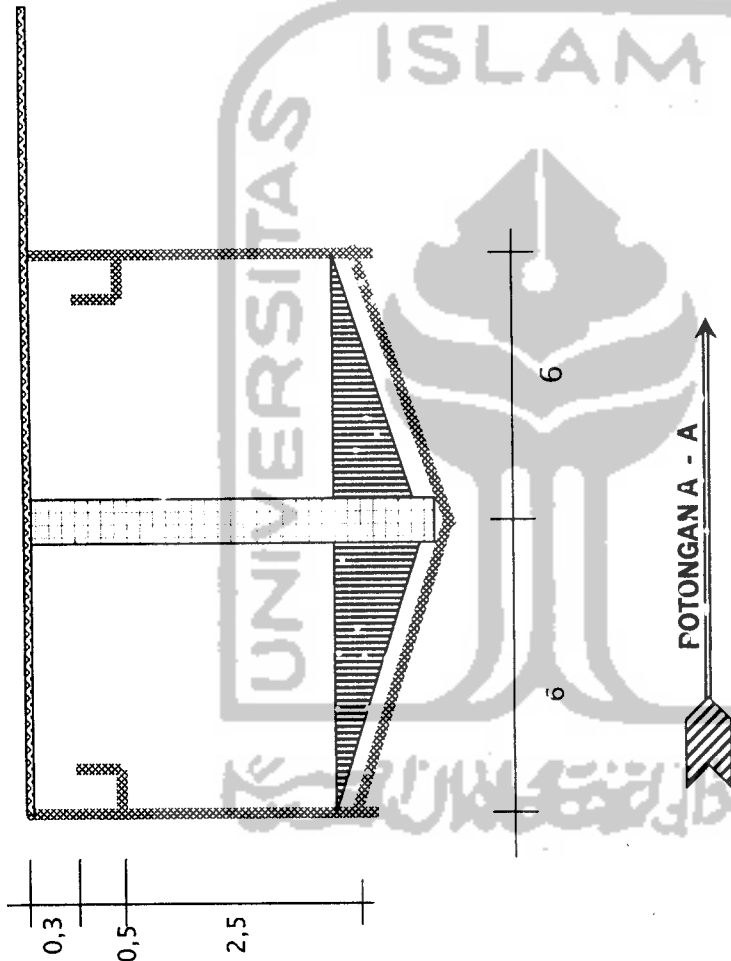
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA			
Gambar	Skala	Digambar oleh	
Potongan A - A	1 : 450	Ami Cahyono	
Tanggal	Foyok	Jml Gambar	Gambar ke
11 Agustus 2005	Pengolahan Limbah PT. Primalisco	10	7





JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA			
Gambar	Skala	Digambar oleh	
Denah P. K. Otonisasi	1 : 150	Anri Cahyo	
Tanggal	Proyek	Jml Gambar	Gambar ke
11 Agustus 2005	Pengolahan Limbah PT. Primateco	10	9





JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA			
Gambar	Skala	Digambar oleh	
Denah Bak Dondok	1 : 40	Amr Cahyono	
Tanggal	Proyek	Jml Gambar	Jumlah Gambar
11 Agustus 2005	Pengolahan Limbah PT. Primalisco	10	10

