

TA / TL / 2006 / 0053

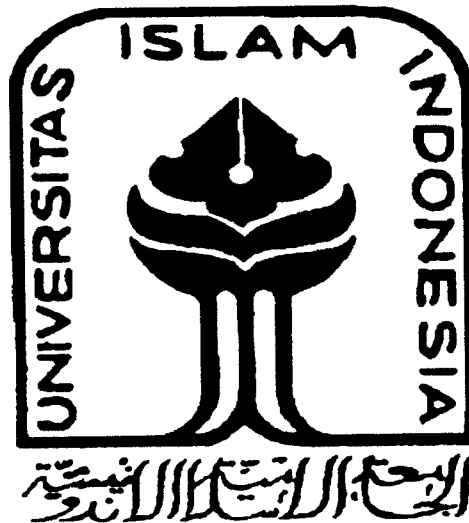
PERPUSTAKAAN FTSP UIN	
HADIAB/SEI	
TGL. TERIMA :	5 Juli 2006
NO. JUDUL :	002005
NO. INV. :	51200002005 001
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR

"PENURUNAN BOD, COD, TSS, MINYAK, LEMAK DAN H₂S PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DENGAN TEKNOLOGI OZON"

Studi Kasus Limbah Cair Pabrik Gula : PT. Perkebunan Nusantara X
(Persero) Kediri, Jawa Timur

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagai persyaratan
memperoleh derajat Sarjana Teknik Lingkungan.



Oleh :

Nama: RIRIN MULYANINGSIH

NIM : 01 513 033

DIBACA DI TEMPAT
TIDAK DIEMBA PULANG

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA

2006

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**” PENURUNAN BOD, COD, TSS, MINYAK, LEMAK DAN H₂S PADA
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DENGAN TEKNOLOGI OZON ”**

**Studi Kasus Limbah Cair Pabrik Gula : PT. Perkebunan Nusantara X
(Persero) Kediri, Jawa Timur**

Diajukan oleh :

RIRIN MULYANINGSIH

01 513 033

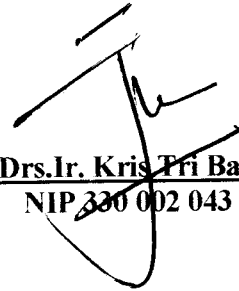
Kepala Bidang

Kimia dan Teknologi Proses Bahan

Dosen Pembimbing Utama



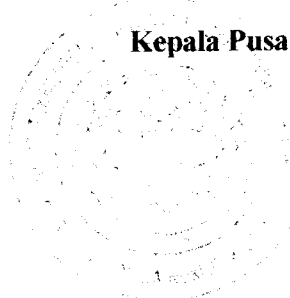
Dr. Ir. Agus Taftazani
NIP 330 002 278



Prof. Dr. Drs. Ir. Kris Tri Basuki, MSc
NIP 330 002 043

Jogjakarta, FEBRUARI 2006

Kepala Pusat Akselerator dan Teknologi Proses Bahan



Prof. Drs. Sudjatmoko SU.

NIP 330 001 101

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini Kupersembahkan Secara khusus Kepada :

Allah SWT Rabb Semesta Alam

“Sesungguhnya Sholatku, Ibadahku, Hidupku dan Matiku hanyalah untuk Allah SWT, Tuhan Semesta alam”

Al-Qur’an : Al An-am 162

Kekasih Allah Kanjeng Nabi Muhammad SAW

“Nabi lebih utama bagi orang mukmin dari pada diri mereka sendiri”

Al-Qur’an : Al Ahzab 6

Kedua Orang Tuaku

Bpk.H.Lamat Wiyoko, SH. MM.MBA dan Ibunda, Hj.Siti Sulasmi

“sebagai ungkapan rasa syukur kepada Nya, yang telah menganugerahkan orang tua terbaik, yang telah memberikan pendidikan dan kasih sayang terbaik selama ini”

“Terima kasih ya Be..,Nyak..Atas semua doa dan restumu, cinta, perhatian, kesabaran, kepercayaan, pengorbanan dan segala dukungan yang selama ini engkau curahkan kepadaku, hingga ku menjadi anak yang Insya Allah selalu engkau banggakan”

Suamiku

IPDA. SARPANI

“Penulis Bersyukur kepada Allah SWT, yang telah menakdirkan hambanya ini hidup berdampingan dengan suami yang telah membuat diri penulis menjadi begitu berharga, dengan memberikan dukungan terbaik dalam setiap langkahku”

Kakak serta Adikku

Pipit Feriani, S.Kep. Dan Richi Ayutus Puspita Sari

“ I Love U All.... ”

Dan Seluruh Keluarga Besar

Alm Bpk.Karsit.

MOTTO

“Orang-orang yang mengingat Allah dalam keadaan berdiri, duduk, berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau ciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka hindarkanlah kami dari siksa neraka”

(Al-Qur'an : Ali Imran 191)

“Sebaik-baiknya manusia adalah yang bermanfaat bagi manusia lainnya”

“Memang baik menjadi orang penting, tetapi lebih penting untuk berusaha menjadi orang baik”

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Al-Qur'an : Insyirah 5)

“Allah tidak akan membebani seseorang di luar kemampuannya”

(Al-Qur'an : Al-Baqarah 268)

dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini tak lupa penulis juga menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang memberikan Ridho dan Hidayah-Nya (beri hamba Kesempatan untuk membahagiakan orang-orang yang tak pernah berhenti mendo'akan dan menyayangiku) serta Nabi Muhammad S.A.W beserta keluarga, para sahabat dan pengikut-pengikut-Nya yang memuliakan Engkau Ya Allah, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Kedua orang tuaku tercinta yang selalu mendoakan demi kesuksesan dan kelancaran Tugas Akhir. Ya Allah, berilah mereka keselamatan dan kebahagiaan dunia dan akherat. Amien.....!
3. Suamiku tersayang yang telah dengan sabar memberikan dukungan yang terbaik dalam setiap langkahku, sehingga membuat penulis begitu berharga.
4. Prof.Ir.Widodo MSCE.Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Dr.Drs.Ir.Kris Tri Basuki, Msc, Apu, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan masukan yang sangat berarti. Terima kasih Pak atas segala pengertiannya.....!
6. Bapak Luqman Hakim, ST, M.Si, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan petunjuk dan arahan pada penulis.
7. Bapak Eko Siswoyo, ST. selaku Dosen Koordinator Tugas Akhir.
8. Bapak Ir.Isyuniarti, Ir.Budi Setiawan, Ir.Agus, Ir.Sukma, Mintolo A.Md, Bapak Tugio, dan Drs.Widdi Usada dan seluruh staf dari P3TM BATAN Jogjakarta yang telah banyak membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung.
9. Bapak dan Ibu PTPN X, Kediri Jawa Timur yang telah memberikan pelayanan terbaik kepada penulis untuk melakukan penelitian disana.

10. Bapak IR. Kasam, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
11. Teman satu kontrakan Nety Kurniawati dan Nita Kurniawati, Thanks Friend... atas segala pengertian dan bantuanya, semoga kita menjadi saudara selamanya. Kapan kita berkumpul lagi.....?
12. Semua teman-teman Teknik Lingkungan 2001. Kenangan bersama kalian tak kan kulupakan.
13. Dan Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Terima Kasih !!!

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan, untuk itu penulis menerima saran, kritikan dan dorongan dari semua pihak, semoga Allah SWT membalas budi baik yang telah diberikannya. Dan berharap semoga dengan adanya Tugas Akhir ini dapat bermanfaat guna pengetahuan dan wawasan bagi yang membacanya. Amien.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Jogjakarta, Februari 2006

Penulis

RIRIN MULYANINGSIH

01 513 033

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan	iii
Lembar Persembahan	iv
Motto	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xv
Abstrak	xix

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum.....	5
2.2 Proses Produksi Pabrik Gula.....	6
2.3 Sumber Limbah Cair Pabrik Gula.....	7

2.4	Parameter Utama Limbah Cair Pabrik Gula.....	7
2.5	Baku Mutu Limbah Cair Pabrik Gula.....	14
2.6	Pengertian Gas Ozon.....	16
2.6.1	Manfaat Ozon.....	17
2.6.2	Degradasi senyawa-senyawa organik oleh Ozon	18
2.7	Generator Ozon (Ozonizer).....	20
2.8	Zeolit.....	26
2.8.1	Penggolongan Zeolit.....	28
2.9	Tawas.....	30
2.10	Senyawa Kapur	30
2.11	Adsorpsi	32
2.11.1	Faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi.....	34
2.11.2	Adsorpsi Gas oleh zat padat.....	34
2.12	Penelitian yang pernah dilakukan.....	36
2.13	Hipotesa.....	38

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1	Lokasi Penelitian.....	39
3.2	Obyek Penelitian.....	39
3.3	Parameter Penelitian.....	39
3.4	Metode Pengumpulan Data.....	40
3.5	Variabel Penelitian.....	41
3.6	Alat dan Bahan Penelitian.....	41
3.6.1	Alat Penelitian.....	41

3.6.2	Bahan Penelitian.....	42
3.7	Prosedur Penelitian.....	44
3.7.1	Ringkasan Rangkaian penelitian.....	44
3.7.2	Perhitungan.....	51
3.8	Rancangan Penelitian.....	53
3.8.1	Rancangan Alat.....	53
3.8.2	Metode Riset.....	53
3.8.3	Rencana penelitian.....	54
3.9	Diagram Alir Penelitian.....	54
3.10	Proses Ozonisasi.....	55

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Percobaan Awal untuk mengetahui Dosis Ozon.....	59
4.2	Penentuan Berat Tawas, Zeolit dan Kapur Optimum.....	61
4.3	Penentuan waktu Ozonisasi optimum dalam menurunkan BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H ₂ S.....	74
4.4	Perbandingan Nilai Efektifitas Ozon Dalam Menurunkan Konsentrasi Parameter COD Pada Limbah Yang Ditambah Senyawa Koagulan.....	76

BAB V. RENCANA PEREKAYASAAN

5.1	Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Gula PTPN X, Kediri.....	78
5.2	Rencana Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Gula	

PTPN X, Kediri.....	81
---------------------	----

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan.....	89
6.2 Saran.....	90

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

- Tabel 1 : Baku mutu limbah cair industri gula, berlaku bagi industri baru atau yang diperluas.
- Tabel 2 : Baku mutu limbah cair untuk industri gula yang sudah beroperasi.
- Tabel 3 : Baku mutu limbah cair untuk industri gula.
- Tabel 4 : Potensial oksida dari berbagai unsur.
- Tabel 5 : Perbedaan keawetan antara. Na - zeolit dan Ca – zeolit
- Tabel 6 : Perbedaan sifat fisik antara. Na - zeolit dan Ca – zeolit
- Tabel.7 : Parameter Penelitian
- Tabel 8 : Cara Pengawetan Sampel
- Tabel 9 : Hasil pemeriksaan BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S
- Tabel 10 : Perbandingan kandungan BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H₂S limbah cair industri gula PT. Perkebunan Nusantara X sebelum diolah dengan baku mutu limbah cair industri Pabrik Gula.
- Tabel 11 : Perbandingan Biaya Operasional Pengolahan Limbah Proses lama dengan Proses Ozonisasi
- Tabel 1.1 : Data Absorbansi Larutan Standar I₂ pada berbagai panjang gelombang
- Tabel 1.2 : Data Absorbansi pada berbagai Variasi Konsentrasi I₂
- Tabel 1.3 : Jumlah ozon pada berbagai Variasi Waktu Ozonisasi dengan panjang gelombang $\lambda = 366$ nm pada volume buffer = 100 ml.
- Tabel 1.4 : Nilai BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Tawas dengan Waktu Ozonisasi 45 Menit.
- Tabel 1.5 : Nilai BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Zeolit dengan Waktu Ozonisasi 45 Menit.

- Tabel 1.6 : Nilai BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Kapur dengan Waktu Ozonisasi 45 Menit
- Tabel 1.7 : Nilai BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Waktu Ozonisasi dengan pH Limbah > 8.
- Tabel 1.8 : Nilai Efisiensi Ozonizer pada penurunan parameter BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Tawas dengan Waktu Ozonisasi 45 Menit
- Tabel 1.9 : Nilai Efisiensi Ozonizer pada penurunan parameter BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Zeolit dengan Waktu Ozonisasi 45 Menit.
- Tabel 1.10 : Nilai Efisiensi Ozonizer pada penurunan parameter BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Kapur dengan Waktu Ozonisasi 45 Menit
- Tabel 1.11 : Nilai Efisiensi Ozonizer pada penurunan parameter BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Waktu Ozonisasi Pada pH Limbah >8

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1** : Proses produksi pabrik gula
- Gambar 2** : Generator Ozon (*Ozonizer*)
- Gambar 3** : Plasma lucutan terhalang dielektrik
- Gambar 4** : Skema tabung *ozonizer*
- Gambar 5** : Reaksi Pembentukan Ozon (O_3)
- Gambar 6** : Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Tekstil
- Gambar 7** : Penurunan BOD dan COD limbah Industri
- Gambar 8** : Skema Proses Ozonisasi
- Gambar 9** : Diagram Alir Penelitian
- Gambar 10** : Skema Proses Limbah
- Gambar 11** : Skema Pemeriksaan pH
- Gambar 12** : Skema Pemeriksaan TSS
- Gambar 13** : Skema penentuan berat ozon
- Gambar 14** : Spektrum absorpsi I_2
- Gambar 15** : Kurva kalibrasi variasi konsentrasi larutan standar I_2
- Gambar 16** : Kurva kalibrasi larutan standar I_2
- Gambar 17** : Penurunan Kadar Parameter
- Gambar 18** : Penurunan kadar BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H_2S pada berbagai variasi konsentrasi zeolit.
- Gambar 19** : Penurunan kadar BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H_2S pada berbagai variasi konsentrasi kapur.
- Gambar 20** : Penurunan Kadar Parameter
- Gambar 21** : Perbandingan Nilai Efektifitas Ozon

- Gambar 22 :** Flow chart Instalasi Pengolahan Air Limbah Lama di Pabrik Gula PTPN X, Kediri.
- Gambar 23 :** Flow chart Rencana Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan menggunakan Ozonizer di Pabrik Gula PTPN X, Kediri.
- Gambar 1.1 :** Proses Produksi Gula Keseluruhan.
- Gambar 1.2 :** Proses Produksi Gula
- Gambar 1.3 :** Proses Pemurnian Gula
- Gambar 2.1 :** Spektrum Absorbansi I_2
- Gambar 2.2 :** Kurva Absorbansi pada Variasi Konsentrasi I_2
- Gambar 2.3 :** Kurva Kalibrasi Larutan Standart I_2
- Gambar 2.4 :** Perhitungan Jumlah Ozon
- Gambar 3.1 :** Penurunan Parameter Limbah
- Gambar 3.2 :** Penurunan Kadar BOD Limbah I
- Gambar 3.3 :** Penurunan Kadar COD Limbah I
- Gambar 3.4 :** Penurunan Kadar TSS Limbah I
- Gambar 3.5 :** Penurunan Kadar Minyak&Lemak Limbah I
- Gambar 3.6 :** Penurunan Kadar H_2S Limbah I
- Gambar 3.7 :** Penurunan Parameter Limbah II
- Gambar 3.8 :** Penurunan Kadar BOD Limbah II
- Gambar 3.9 :** Penurunan Kadar COD Limbah II
- Gambar 3.10 :** Penurunan Kadar TSS Limbah II
- Gambar 3.11 :** Penurunan Kadar Minyak&Lemak Limbah II
- Gambar 3.12 :** Penurunan Kadar H_2S Limbah II
- Gambar 3.13 :** Penurunan Parameter Limbah III
- Gambar 3.14 :** Penurunan Kadar BOD Limbah III

- Gambar 3.15** : Penurunan Kadar COD Limbah III
- Gambar 3.16** : Penurunan Kadar TSS Limbah III
- Gambar 3.17** : Penurunan Kadar Minyak&Lemak Limbah III
- Gambar 3.18** : Penurunan Kadar H₂S Limbah III
- Gambar 3.19** : Penurunan Kadar Parameter Limbah IV
- Gambar 3.20** : Penurunan Kadar BOD Limbah IV
- Gambar 3.21** : Penurunan Kadar COD Limbah IV
- Gambar 3.22** : Penurunan Kadar TSS Limbah IV
- Gambar 3.23** : Penurunan Kadar Minyak&Lemak Limbah IV
- Gambar 3.24** : Penurunan Kadar H₂S Limbah IV
- Gambar 4.1** : Efisiensi Penurunan Kadar BOD Limbah I
- Gambar 4.2** : Efisiensi Penurunan Kadar COD Limbah I
- Gambar 4.3** : Efisiensi Penurunan Kadar TSS Limbah
- Gambar 4.4** : Efisiensi Penurunan Kadar Minyak&Lemak Limbah
- Gambar 4.5** : Efisiensi Penurunan Kadar H₂S Limbah I
- Gambar 4.6** : Efisiensi Penurunan Kadar BOD Limbah II
- Gambar 4.7** : Efisiensi Penurunan Kadar COD Limbah II
- Gambar 4.8** : Efisiensi Penurunan Kadar TSS Limbah II
- Gambar 4.9** : Efisiensi Penurunan Kadar Minyak&Lemak Limbah II
- Gambar 4.10** : Efisiensi Penurunan Kadar H₂S Limbah II
- Gambar 4.11** : Efisiensi Penurunan Kadar BOD Limbah III
- Gambar 4.12** : Efisiensi Penurunan Kadar COD Limbah III
- Gambar 4.13** : Efisiensi Penurunan Kadar TSS Limbah III
- Gambar 4.14** : Efisiensi Penurunan Kadar Minyak&Lemak Limbah III
- Gambar 4.15** : Efisiensi Penurunan Kadar H₂S Limbah III

ABSTRAK

” PENURUNAN BOD, COD, TSS, MINYAK, LEMAK DAN H₂S PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DENGAN TEKNOLOGI OZON ” Studi Kasus Limbah Cair Pabrik Gula : PT. Perkebunan Nusantara X (Persero) Kediri, Jawa Timur. Telah dilakukan penelitian mengenai pengolahan limbah cair dengan menggunakan teknologi ozon. Sebagai cuplikan limbah diambil dari PT. Perkebunan Nusantara X, Kediri, Jawa Timur. Ozon merupakan spesies aktif karena membentuk radikal pada saat terdekomposisi dan merupakan bahan pengoksidasi yang kuat sehingga mampu menguraikan berbagai macam senyawa organik beracun yang terdapat dalam air limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan ozon dalam mendegradasi BOD, COD, TSS, minyak, lemak, H₂S pada limbah cair gula dengan menambahkan senyawa koagulan Tawas, Zeolit, Kapur sebagai adsorban. Serta untuk mengetahui efisiensi alat ozonizer dalam menurunkan konsentrasi pencemar yang terkandung dalam limbah gula. Penentuan produksi ozon meliputi penentuan panjang gelombang maksimum dari larutan standar iodida dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visible pada 366 nm, dilanjutkan dengan pembuatan kurva standar berdasarkan absorbansi yang diukur pada panjang gelombang maksimum, selanjutnya jumlah ozon dihitung dengan menggunakan persamaan yang didapatkan dari kurva larutan standar iodida setelah absorbansi iodida diukur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Ozonizer mampu menghasilkan ozon sebesar 0.9 mg/dt. Proses ozonisasi mampu mendegradasi konsentrasi pencemar limbah gula dengan nilai penurunan optimum pada dosis tawas 0.8%, zeolit 0.8%, kapur 0.2% dan variasi ozon waktu 60 menit. Dengan efisiensi penurunannya sebagai berikut : **Tawas** : diperoleh efisiensi untuk BOD sebesar 84,79 %, COD sebesar 83,39 %, TSS sebesar 0%, minyak & lemak sebesar 75.38%, H₂S sebesar 73.92 %. **Zeolit** : diperoleh efisiensi parameter untuk BOD sebesar 85,79 %, COD sebesar 84,62 %, TSS sebesar 67,58 %, minyak&lemak sebesar 66,67 %, H₂S sebesar 69,35%. **Kapur** : didapatkan efisiensi parameter BOD sebesar 80,25%, COD sebesar 74,48%, TSS 91,76%, minyak&lemak 100% dan H₂S sebesar 100%. **Variasi Waktu Ozonisasi** : diketahui efisiensi penurunan kadar pencemar yang terdapat pada limbah pabrik gula untuk parameter BOD sebesar 75%, COD sebesar 76,34%, TSS sebesar 87,5%, minyak & lemak sebesar 100%, dan untuk H₂S sebesar 100 %. Dari hasil penurunan konsentrasi parameter tersebut yang digunakan dalam aplikasi di lapangan adalah proses ozonisasi dengan penambahan koagulan kapur, karena nilai penurunan parameter pada limbah gula dapat diturunkan secara optimal dan dalam segi ekonomis koagulan kapur lebih murah dibandingkan bahan koagulan yang lain.

Kata kunci : tawas, zeolit, kapur, ozon.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini banyak industri-industri di Indonesia mengalami masalah yang berhubungan dengan sisa hasil dari produksi atau yang sering kita sebut dengan limbah. Masalah ini juga terjadi di industri pabrik gula, dimana limbah yang dihasilkan dari proses produksi pasca giling maupun dari hasil akhir produksi sangat tinggi kandungan parameter dari pencemar yang dikandung limbah pabrik gula tersebut.

Salah satu cara yang akan dicoba adalah dengan menggunakan oksidan yang kuat tetapi ramah lingkungan, yaitu ozon (O_3). Ozon merupakan oksidator yang kuat setelah fluor, mudah dibuat dan dikatakan ramah lingkungan karena ozon akan berubah menjadi oksigen, unsur yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup.

Ozon dengan potensial oksidasi sebesar 2,07 volt merupakan oksidator kuat setelah fluor, berpotensi untuk membunuh mikroorganisme patogen, tanpa meninggalkan residu yang berbahaya karena peluruhan ozon adalah molekul oksigen yang sangat akrab bagi manusia.

Untuk ikut berperan aktif memecahkan problema nasional sesuai dengan kemampuan iptek yang dimiliki dalam generator ozon dan aplikasinya, maka BATAN Jogjakarta bekerjasama dengan PTPN X Kediri, Jawa Timur dan P3GI Pasuruan ikut berpartisipasi menyumbangkan kemampuannya dalam memecahkan problema daerah khususnya dalam proses pengolahan limbah cair pabrik gula, untuk

disosialisasikan kepada masyarakat luas pada umumnya dan pada industri gula pada khususnya.

Dalam proses produksi gula dari tanaman tebu yang diproses sampai menjadi gula kasar atau gula murni hingga mempunyai nilai jual yang tinggi, memiliki hasil sampingan produk berupa limbah. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat yaitu ampas tebu dari proses penggilingan dan penyaringan kotoran setelah dari proses pemerasan tebu dan juga limbah cair yang dihasilkan dari air pendingin pada kondensor baromatik, gula yang terbawa dalam uap dari evaporator masuk kedalam air pendingin, air proses dari pencucian pada penghilangan warna, pencucian endapan saringan tekan, dan air cuci peralatan pabrik.

Dalam hal ini teknologi pembuatan ozon yang digunakan adalah dengan metoda plasma lucutan terhalang dielektrik (*dielectric barrier discharge*) atau karena lucutannya yang nyaris tak terdengar maka metode ini sering dikatakan metode plasma lucutan senyap. Untuk mendukung penyempurnaan aplikasi, dengan metode ini akan dirancang bangun ozonizer dengan keluaran daya 100 watt. Keunggulan teknologi lucutan senyap dibanding dengan teknologi sinar UV adalah efisiensi ozon yang dihasilkan lebih besar.

Menyadari bahwa teknologi aplikasi ozon untuk pengolahan limbah cair pabrik gula di Indonesia masih belum berkembang, maka perlu sosialisasi penggunaan ozon yang dihasilkan melalui teknologi plasma lucutan senyap.

Parameter utama limbah cair pabrik gula adalah TSS, BOD, COD, Minyak, Lemak dan Sulfida merupakan parameter penting dalam limbah cair pabrik gula, karena dampaknya dapat terlihat langsung (Potter dkk, 1994).

Untuk mengatasi permasalahan ini maka dibutuhkan suatu sistem pengolahan yang baik. Agar diperoleh kualitas air buangan yang memenuhi persyaratan baku

mutu, maka diperlukan alternatif pengolahan yang tepat, salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah proses ozonisasi dengan perangkat generator ozon (*Ozonizer*).

Dari penelitian awal yang dilakukan oleh laboratorium Plasma P3TM BATAN Jogjakarta, *Ozonizer* dapat menghasilkan gas ozon (O_3) yang mampu menurunkan BOD, COD, dan Fenol. Kemampuan ozonizer untuk menurunkan parameter BOD, COD dan Fenol diharapkan akan menjadi alternatif pengolahan limbah cair pabrik gula yang ramah lingkungan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dirumuskan permasalahannya yaitu sebagai berikut :

1. Apakah gas ozon (O_3) yang ditambahkan dalam proses ozonisasi dapat menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan Sulfida (H_2S) pada limbah cair pabrik gula ?
2. Apakah teknologi ozon efisien untuk menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan Sulfida (H_2S) pada limbah cair pabrik gula ?
3. Bagaimana teknologi ozon dapat diaplikasikan untuk instalasi pengolahan limbah cair pabrik gula ?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Penurunan konsentrasi BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan Sulfida (H_2S) pada limbah cair industri pabrik gula menggunakan teknologi ozon.

2. Penentuan efisiensi teknologi ozon menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan Sulfida (H_2S) pada limbah cair pabrik gula.
3. Pra-perancangan untuk pengolahan limbah industri pabrik gula disajikan untuk kapasitas $2000\text{ m}^3/\text{hari}$.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari fenomena teknologi ozon dalam menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan Sulfida (H_2S) pada limbah cair pabrik gula.
2. Mengetahui hasil efisiensi penurunan konsentrasi BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan Sulfida (H_2S) pada limbah cair pabrik gula.
3. Membuat pra-perancangan untuk pengolahan limbah industri pabrik gula pada kapasitas $2000\text{ m}^3/\text{hari}$.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan adalah :

1. Penambah wawasan ilmu pengetahuan pada mahasiswa teknik lingkungan tentang teknologi ozon.
2. Memberikan masukan alternatif pengolahan kepada pihak industri dalam pengolahan limbah cair industri Gula.
3. Sebagai penambah wawasan ilmu pengetahuan bidang pengolahan air buangan khususnya limbah cair industri pabrik gula kepada mahasiswa teknik lingkungan.
4. Bila penelitian ini berhasil maka akan diaplikasikan di lapangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Dua proses berbeda digunakan dalam pembuatan gula, yaitu pemrosesan gula tebu kasar dan pemurnian gula tebu. Di Indonesia kedua proses ini berada di satu tempat. Tebu yang dipanen secara mekanik membawa serta banyak kotoran, sampah dan lumpur, untuk itu diperlukan pencucian. Tebu yang sudah dibersihkan dipotong-potong dan dihancurkan agar dapat memisahkan nira dari seratnya (yang disebut ampas/bagase). Air digunakan dalam tahap-tahap akhir penghancuran. Nira yang sudah diperas, diayak untuk menghilangkan serat. Kemudian menyusul tahap karbondioksida dan pemanasan untuk menggumpalkan kotoran dan warna. Kotoran yang tersuspensi diendapkan dalam tangki penjernih. Lumpur dari tangki penjernih disaring dalam saringan tekan atau saringan hampa dengan menghasilkan "endapan saringan". Sulfitasi menggunakan belerang dioksida untuk pemutihan nira. Perlakuan pengolahan tebu menjadi gula dengan metode sulfitasi adalah sama, hanya saja dalam proses sulfitasi digunakan bahan kimia sulfat yang nantinya gula yang dihasilkan berwarna keputihan. sehingga nantinya dapat diketahui kualitas gula yang akan didistribusikan.

Filtrat (sirup) dari penjernihan dikentalkan dengan penguapan sampai terbentuk kristal. Sirup itu yang sekarang disebut "masekuit", dikirim ke alat pengkristalan. Sesudah pengkristalan, dilakukan pemisahan kristal dari cairan induk (tetes). Air panas digunakan untuk mencuci kristal sebelum pengeringan dan penyimpanan atau pembungkusan. Pemurnian gula tebu kemudian menghilangkan kotoran dan lapisan tetes dari kristal gula, yang telah dihasilkan dalam proses gula kasar. Kristal kasar itu

2.3 Sumber Limbah Cair Pabrik Gula

Sumber utama air limbah adalah air pendingin pada kondensor barometik, gula yang terbawa dalam uap dari evaporator masuk ke dalam air pendingin, air (sampai 500mg/l), air proses dari pencucian pada penghilangan warna, pencucian endapan saringan tekan, dan air cuci lantai dan alat, mempunyai laju alir lebih rendah, akan tetapi BOD yang tinggi (sampai 5000 mg/l) dan padatan tersuspensi dan kadar organiknya relatif rendah. Air limbah yang terkumpul mempunyai BOD yang berkisar dari 300 sampai 2000 mg/l dan TSS dari 200 sampai 800 mg/l, tergantung pada faktor proses produksi yang terjadi di dalam pabrik khususnya pada proses pemurnian gula.

Limbah cair pabrik gula pada umumnya tidak mengandung limbah berbahaya atau beracun. Operasi pemurnian yang hanya menghasilkan gula cair membangkitkan laju alir separuhnya, akan tetapi kadar BOD dua kali pabrik gula kristal. Di Indonesia produksi gula bersifat musiman, yaitu 5 sampai 6 bulan dalam setahun.

2.4 Parameter Utama Limbah Cair Pabrik Gula

Parameter utama untuk kilang penggilingan tebu dan pemurnian gula, adalah BOD, COD, TSS, dan pH. Parameter sekunder adalah temperatur, nitrogen, minyak dan lemak, sulfida dan padatan keseluruhan.

1. H₂S

Adalah suatu senyawa kimia yang dapat menimbulkan bau busuk dalam air limbah. Berasal dari proses produksi pada tahap pemurnian gula dengan menggunakan proses sulfitasi yang menggunakan senyawa kimia sulfur dioksida sehingga menyebabkan dekomposisi zat organik yang menghasilkan gas senyawa kimia H₂S.

3. TSS

Total suspended solids (TSS) adalah banyaknya suatu zat yang terlarut dalam suatu larutan yang ukuran partikelnya sangat kecil. Atau sesuatu yang tinggal sebagai residu apabila diupakan pada suhu $103 - 105^{\circ}\text{C}$. Padatan dapat dihilangkan secara sedimentasi, zat padat terlarut terdiri dari molekul-molekul dan ion-ion zat organik, dan anorganik.

Dalam air ditemukan dua kelompok zat yaitu zat padat terlarut seperti garam, dan molekul organis, dan zat padat tersuspensi atau koloidal seperti tanah liat kwarts, dan lain-lain. Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel tersebut.(Alaerts.1984).

Zat padat tersuspensi adalah apabila dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter fiber glass (serabut kaca) dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ (Alaerts.1984)

Analisa zat padat dalam air penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga sangat penting untuk perencanaan bangunan pengolahan air minum maupun air buangan.

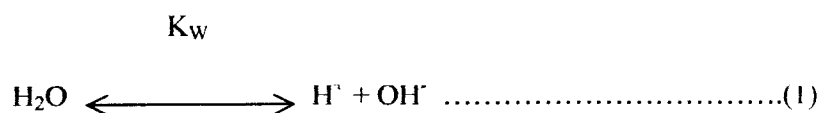
Zat-zat padat yang berada dalam kelompok suspensi dibedakan menurut ukurannya yaitu partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi kasar (Partikel terendap).

4. pH (Derajat Keasaman)

Tingkat asiditas atau alkalinitas suatu contoh diukur berdasarkan skala pH yang dalam hal ini menunjukkan konsentrasi ion hidogen dalam larutan tersebut. (Tebbutt, 1990). pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan, melalui konsentrasi ion hidogen H^+ . Ion Hidogen merupakan faktor utama untuk mengerti reaksi kimiawi dalam ilmu teknik penyehatan karena :

1. H^+ selalu ada dalam keseimbangan dinamis dengan air (H_2O) yang membentuk suasana untuk semua reaksi kimia yang berkaitan dengan masalah pencemaran air dimana sumber ion hydrogen tidak pernah habis.
2. H^+ tidak hanya merupakan unsur molekul H_2O saja tetapi juga merupakan unsur banyak senyawa lain, sehingga jumlah reaksi tanpa H^+ dapat dikatakan hanya sedikit saja.

Prinsip pengukuran pH adalah sebagai berikut : ion H^+ dan ion OH^- selalu berada dalam keseimbangan kimiawi yang dinamis dengan H_2O melalui reaksi:



Seperti pada reaksi kimia lainnya, konstanta keseimbangan (K_w) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$K_w = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$K_w = 10^{-14}$$

Dalam air murni konsentrasi $[H^+]$ sama dengan konsentrasi $[OH^-]$ atau $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$, keadaan ini dianggap sebagai keadaan “netral” karena tidak ada pengaruh dari zat lain. pH ditentukan dengan rumus dengan : $pH = -\text{Log} [H^+]$. Dalam limbah pabrik gula mempunyai $pH = 2 - 4$, dikarenakan tumpahan nira dari proses pemerasan dan dari tetes tebu yang tumpah dari proses pemurnian gula

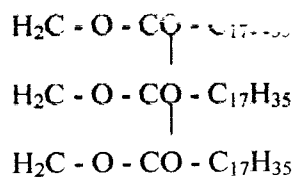
5. Minyak dan Lemak

Minyak lemak yang mencemari sering dimasukkan kedalam kelompok padatan, yaitu padatan yang mengapung di permukaan air.

Perbedaan fisik minyak dan lemak terletak pada titik leburnya. Minyak mempunyai titik lebur di bawah temperatur normal sehingga pada temperatur normal merupakan zat cair, sedang lemak mempunyai titik lebur diatas titik normal, sehingga pada temperatur kamar merupakan zat padat. Perbedaan minyak dan lemak terdapat pada titik leburnya dan tidak menyebutkan suhunya berapa, derajat tetapi hanya mengatakan pada temperatur kamar saja.

Lemak disusun oleh asam lemak jenuh, sedang minyak disusun oleh asam lemak tidak jenuh (Respati, 1990)

Contoh struktur dari minyak/ lemak :



Senyawa tersebut diatas dikenal sebagai Trigliserida sederhana yaitu ester dan qliserol.

- Ada tiga golongan minyak / lemak :

1. Minyak Mineral

Ini juga disebut sebagai minyak mentah atau minyak kasar. Ini merupakan minyak dari dalam tanah, jenis minyak ini terdapat pada oli, bensin, solar dan lain - lain.

2. Minyak Estiris

Minyak yang mudah menguap seperti ester, misalnya minyak kayu putih, sereh dan lain - lain. Senyawa ini adalah aldehida - aldehida, asam - asam atau alkohol - alkohol dan semuanya tidak jenuh dan bercampur minyak ester.

3. Minyak Organik

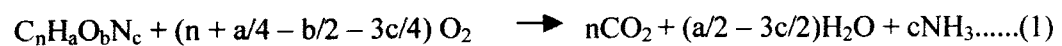
Ini merupakan ester dan gliserol dengan asam organik. Semua OH⁻ dari gliserol sudah diesterkan maka disebut *Trigliserol ester*, misalnya: minyak kelapa, kacang, kedelai, dan lain - lain.

Minyak dan lemak merupakan komponen utama dari bahan makanan dan terdapat di dalam air limbah. Minyak dan lemak dapat dikonsumsi oleh makhluk hidup asalkan jumlahnya tidak berlebihan. Minyak dan bahan terapung menyebabkan kondisi tak sedap dan terganggunya penetrasi sinar matahari serta masuknya oksigen dari udara ke dalam badan air tersebut (*acrasif*). Lemak yang biasanya mengendap dan mengapung merupakan bahan organik yang tetap dan tidak mudah diuraikan bakteri. Sebagian besar benda mengapung berada di dalam air limbah, tetapi ada juga yang mengendap terbawa oleh lumpur. Apabila minyak dan lemak tidak dapat dipisahkan sebelum air tersebut dibuang ke saluran air, limbah dapat mempengaruhi kehidupan yang ada di permukaan air dan menimbulkan lapisan tipis di permukaan sehingga membentuk selaput.

Menurut Sugiharto (1987) pada umumnya kandungan bahan organik yang dijumpai dalam air limbah berisikan 40 – 60% protein, 25 - 50% karbohidrat dan 10% lainnya berupa minyak dan lemak. Minyak dan lemak dihasilkan dari glukosa yang dikandung oleh gula.

6. *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 didalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mendegradasi hampir semua zat organik yang terlarut termasuk zat organik yang tersuspensi didalam air. Reaksi oksidasi yang dapat terjadi dituliskan sebagai berikut :



Reaksi tersebut memerlukan 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 sampel air sebelum inkubasi dan setelah 5 hari inkubasi pada suhu konstan 20°C sebagai taksiran jumlah beban pencemar yang dikandung dalam air. BOD dihasilkan dari tumpahan tetes tebu dari proses pemurnian gula.

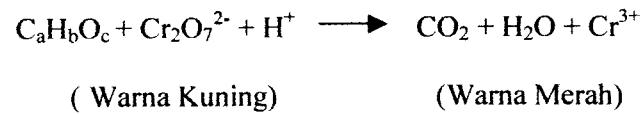
7. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

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

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemar air oleh zat-zat organis secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. COD dihasilkan dari penambahan senyawa kimia dalam proses sulfitasi atau pemurnian gula.

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

Reaksi oksidasi senyawa organik oleh $K_2Cr_2O_7$ dapat dituliskan sebagai berikut :



Proses oksidasi senyawa organik didekati dengan perlakuan refluks sampel air menggunakan $K_2Cr_2O_7$ dengan katalisator $AgSO_4$ dalam suasana asam (menggunakan H_2SO_4).

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

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

2.5 Baku Mutu Limbah Cair Pabrik Gula

Baku mutu limbah cair dalam tabel 1. memperlihatkan hasil teknologi pengolahan terbaik yang sekarang tersedia dan dapat dilaksanakan secara murah di Indonesia. Baku mutu ini akan diterapkan pada semua pengoperasian yang baru dan pengembangan serta semua pengopersian pada tahun 1995. Pabrik modern dengan sistem penggunaan air yang efisien (air pendingin berdaur ulang, air pendingin sekali-lewat bersih yang dapat langsung dibuang, atau air pendingin yang didaur ulang) dan sistem pengolahan limbah yang dapat menurunkan laju alir limbah di bawah $5,0 \text{ m}^3/\text{ton}$ produk gula.

Baku mutu limbah cair pada tabel 2 dan tabel 3. mencerminkan penerapan teknologi terbaik untuk pengoperasian industri gula di Indonesia pada saat ini. Baku

mutu yang ada saat ini harus dipakai dan dicapai oleh seluruh industri gula. (Potter, dkk.1994)

Tabel 1. Baku mutu limbah cair industri gula, berlaku bagi industri baru atau yang diperluas.

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)	Beban Pencemar Maksimum (kg/ton)
BOD ₅	60	0,3
COD	100	0,5
TSS	50	0,25
Minyak/Lemak	5	0,025
Sulfida (H ₂ S)	0,5	0,0025
pH 6,0 – 9,0 Debit limbah cair maksimum 5,0 m ³ /ton produk gula		

(Sumber : Keputusan Menteri KLH, No :KEP/51/MENLH/10/1995)

Tabel. 2. Baku mutu limbah cair untuk industri gula yang sudah beroperasi.

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)	Beban Pencemar Maksimum (kg/ton)
BOD ₅	100	4,0
COD	250	10,0
TSS	175	7,0
Sulfida (H ₂ S)	1,0	0,04
pH 6,0 – 9,0 Debit limbah cair maksimum 40 m ³ /ton produk gula		

(Sumber : Keputusan Menteri KLH, No :KEP/51/MENLH/I/1995)

Tabel. 3. Baku mutu limbah cair untuk industri gula.

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)	Beban Pencemar Maksimum (kg/ton)
BOD	60	0,30
COD	100	0,50
TSS	50	0,25
Sulfida (H ₂ S)	0,5	0,0025
Minyak & Lemak	5	0,025
PH	6,0 - 9,0	
Volume limbah maksimum 5 m ³ /ton produk gula		

(Sumber : Keputusan Gubernur DIY, No :281/KPTS/1998)

2.6 Pengertian Gas Ozon

Ozon merupakan gas *triatomic allotrope* oksigen yang dapat terbentuk akibat adanya rekombinasi atom-atom oksigen. 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 tak berbahaya asal tidak terhirup dalam saluran pernafasan hingga lebih dari 10 menit (CCOHS, 2001).

Ozon sebelum atau setelah reaksi dengan unsur lain akan menghasilkan oksigen (O₂) sehingga teknologi ozon sangat ramah lingkungan atau sering dikatakan ozon merupakan kimia hijau masa depan.

Gas ozon (O₃) dapat berfungsi sebagai pembersih, penghilang bau serta sebagai bahan *desinfektan* yang mampu membunuh semua mikroorganisme seperti bakteri,

virus, jamur, dan sebagainya. Ozon merupakan bahan pengoksidasi 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 (K. Patel, 2001).

Mengingat akan efek kegunaan dan kelebihan ozon maka tak mengherankan bila ozon hingga sekarang masih dimanfaatkan untuk *sterilisasi* air, udara, dan bahan makanan sehingga disamping bahan dapat tahan lama juga bisa lebih aman untuk dikonsumsi (Basuki, Kris T, dkk, 2004).

2.6.1 Manfaat Ozon

- a. Ozon dapat membunuh bakteri 3100 kali lebih cepat dari klorin.
- b. Ozon menghapuskan penggunaan air panas
- c. Ozon hampir menghapuskan pemakaian semua bahan kimia
- d. Ozon tidak menghasilkan hasil sampingan yang beracun.
- e. Ozon merupakan zat yang ramah lingkungan hasil sampingannya adalah oksigen.
- f. Ozon sangat efektif sebagai obat pembasmi hama pada konsentrasi yang rendah.
- g. Ozon sangat murah untuk menghasilkannya dan persediaannya tak terbatas.
- h. Ozon merupakan bahan yang tidak berbahaya dibanding bahan - bahan kimia konvensional lainnya.
- i. Ozon dapat menurunkan BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H₂S
([www. o3international.com.htm](http://www.o3international.com.htm))

Ozon memiliki sifat oksidator yang kuat hal ini dapat ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 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

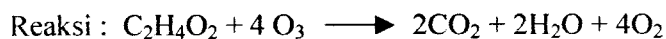
(Sumber : *Lenntech Water treatment & air purification Holding B.V.*
, The Netherlands)

2.6.2 Degradasi senyawa-senyawa organik oleh gas ozon

Ozon mampu mendegradasi berbagai senyawa organik diantaranya yaitu :

1. Asam, Alkohol, Aldehyd, dan Keton

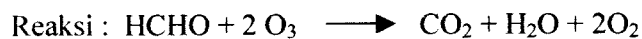
a. Asam Asetat : Rumus kimia : CH₃COOH



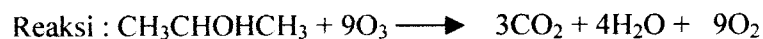
b. Aseton : Rumus kimia : CH₃COCH₃



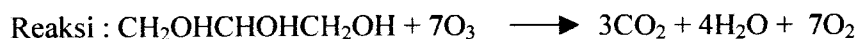
c. Formaldehyd : Rumus kimia HCHO



d. Isopropil Alkohol : Rumus kimia : CH₃CHOHCH₃



e. Gliserol : Rumus kimia : CH₂OHCHOHCH₂OH



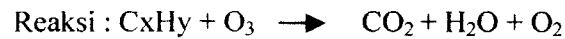
2. Senyawa aromatik

a. Benzen : Rumus kimia : C₆H₆

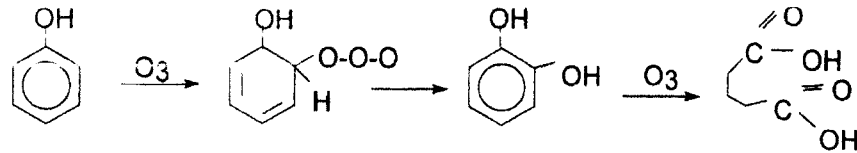


6. Detergen

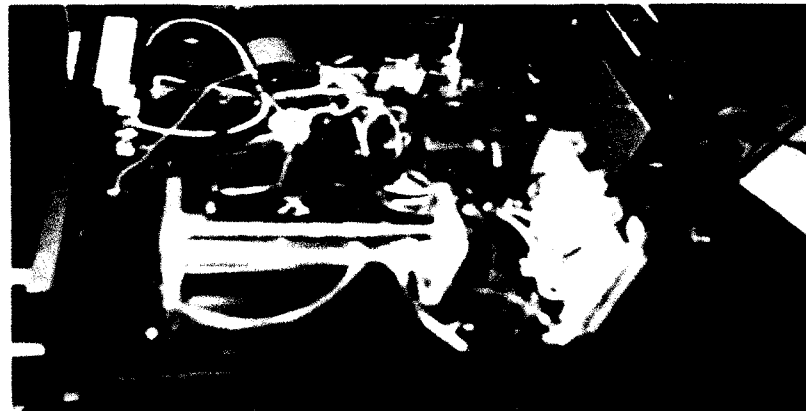
Non-Ionic Detergent : Rumus kimia: C_xH_y



7. Fenol

2.7 Generator Ozon (*Ozonizer*)

Ozonizer seperti yang tampak dalam gambar 2. 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. (Kogelschatz, 1999)

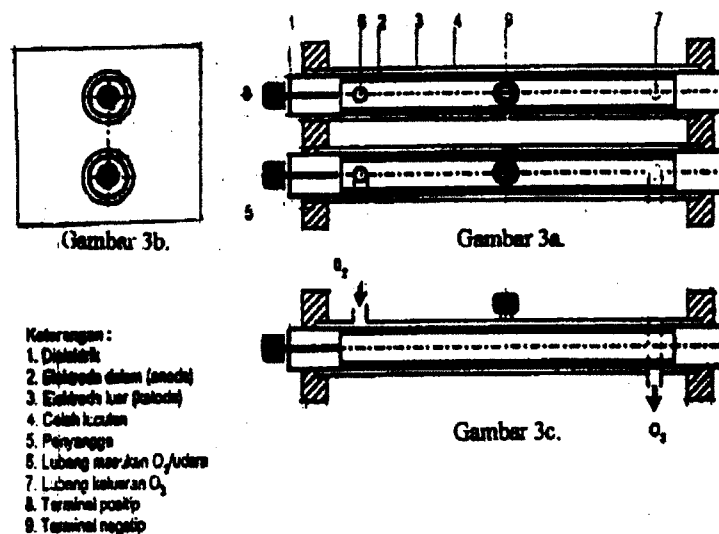


Gambar 2. Generator Ozon (*Ozonizer*)

Dalam hal ini teknologi pembuatan ozon yang digunakan adalah dengan metoda plasma lucutan terhalang *dielektrik* (Kogelschatz, 1988 dan 1989) atau karena lucutannya yang nyaris tak terdengar maka metode ini sering dikatakan

metode plasma lucutan senyap seperti pada gambar 3. 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 3. 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 *osilator*, rangkaian penguat daya dan rangkaian penguat tegangan. Pada awalnya rangkaian *osilator* memberikan sinyal (pulsa) bolak-balik, kemudian dayanya ditingkatkan oleh rangkaian penguat daya selanjutnya oleh rangkaian pelipat tegangan (*transformer* tegangan tinggi) tegangan keluar dari rangkaian penguat daya ditingkatkan menjadi tegangan tinggi.

(Basuki Kris T, 2004)

Adanya *dielektrik* yang menutup salah satu elektrodanya adalah merupakan fungsi kunci dari keistimewaan dari lucutan senyap dimana *dielektrik* dapat berfungsi sumber *filament* arus yang berisi *electron energetik* (1-10 eV). Besarnya tenaga ini merupakan daerah tenaga ideal untuk terjadinya eksitasi dari pertikel 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 berkemampuan menyerap radiasi yang berpanjang gelombang pendek (tenaga tinggi), yakni pada daerah *spectrum ultraviolet* (UV) 190-800 nm. Jika seberkas radiasi UV bertenaga awal P_0 dilewatkan larutan maka sebagian tenaga radiasi tersebut akan diserap oleh larutan dan sisa tenaga akan diteruskan. Perbandingan antara tenaga radiasi yang diteruskan (P) terhadap radiasi awal (P_0) disebut transmitansi (T) yang dapat dirumuskan :

$$\text{Transmiasi, } T = P/P_0 \dots \dots \dots (1)$$

Kalau transmitansi T dinyatakan dalam prosen (%) maka $\% T = 100 T$, sedang

Adsorbansi A dapat dituliskan :

$$\text{Adsorbansi A, } A = \log (P/P_0) \dots \dots \dots (2)$$

Menggunakan persamaan (4) dan transmitasi dinyatakan dalam % T, maka persamaan (5) dapat dituliskan sebagai :

$$\text{Adsorbansi A, } A = 2 - \log (\%T) \dots \dots \dots (3)$$

Persamaan (6) merupakan persamaan sederhana yang mudah diingat dan sangat bermakna karena diketahui data transmitansinya dinyatakan dalam %, maka harga adsorbansinya (A) langsung dapat ditentukan. Jika seberkas sinar UV dilewatkan suatu larutan sampel dengan tanpa adsorbansinya ($\% T = 100$) maka adsorbansinya adalah nol dan jika semua tenaga sinar UV terserap kedalam sampel larutan ($\%T = 0$) maka adsorbansinya adalah tak terhingga.

Ozonizer yang dibuat oleh P3TM BATAN Jogjakarta dapat menghasilkan gas ozon sebesar 0,9 mg/dt. Prinsip kerja dari Ozonizer adalah udara atau oksigen (O_2) dipompakan dengan kompresor udara, masuk melewati rongga yang berbentuk silindris, dimana rongga tersebut terbuat dari bahan Aluminium yang diselubungi tabung yang terbuat dari kaca, tabung kaca disebut sebagai bahan dielektrik terlihat pada gambar 4. Seluruh permukaan tabung tadi dialiri arus tegangan tinggi yang disebut sebagai tegangan lucut sebesar 25 kV. Udara atau Oksigen (O_2) yang keluar dari Ozonizer akan membentuk gas ozon, terbentuknya gas ozon dipengaruhi oleh tegangan lucut yang memecah molekul O_2 menjadi Oksigen radikal (O_n), Oksigen radikal akan bereaksi dengan Oksigen (O_2) akan membentuk gas Ozon O_3 . Gas ozon yang terbentuk karena reaksi ini hanya sementara dan akan terpecah lagi menjadi molekul-molekul Oksigen.



Gambar 4. Skema tabung ozonizer

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*.

Kereaktifan 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 terputuskan. 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 aldehida 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

2.8 Zeolit

Zeolit merupakan istilah perdagangan untuk jenis lempung Zeolit (*clay*) dengan kandungan monmorillonit lebih dari 85 %. Struktur kimia dari monmorillonit merupakan lapisan oktahedral alumina sebagai pusat tertumpuk diantara lapisan tetrahedral silika. Komposisi monmorillonit suatu zeolit berbeda-beda tergantung pada proses pembentukannya di alam dan asal daerah zeolit itu. Sifat-sifat umum dari zeolit antara lain : berwarna dasar putih dengan warna sedikit kecoklatan / kemerahan / kehijauan, tergantung pada jumlah dan jenis fragmen-fragmen mineralnya, memiliki sifat fisik sangat lunak, ringan, mudah pecah, terasa seperti sabun, mudah menyerap air dan melakukan pertukaran ion. (Wijaya, 2003).

Dalam struktur zeolit, terdapat kation-kation logam alkali dan alkali tanah yang bersifat menetralkan muatan dalam struktur alumina silika pada zeolit. Komposisi monmorillonit tergantung pada proses pembentukannya di alam dan di lokasi asalnya. Berdasarkan komposisi kation dalam strukturnya, zeolit dibagi menjadi dua golongan yaitu :

a. Natrium Zeolit (Na – Zeolit)

Natrium zeolit merupakan jenis zeolit dengan kandungan Na^+ yang lebih banyak jika dibandingkan dengan Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Na – zeolit mempunyai sifat mudah mengembang bila terkena air sehingga menyebabkan dalam suspensinya akan menambah kekentalan zeolit dengan pH suspensinya antara 8,5 – 9,8. Sebesar 2 % kandungan Na_2O lebih besar dari jumlah keseluruhan komponennya. Karena sifat tersebut, zeolit jenis natrium banyak dipergunakan sebagai lumpur pemboran, penyumbat kebocoran bendungan, bahan pencampur pembuat cat, perekat pasir cetak dalam industri pengecoran dan sebagainya.

2.8.1 Penggolongan Zeolit

Menurut proses pembentukannya zeolit dapat digolongkan menjadi 2 kelompok yaitu :

1. Zeolit Alam
2. Zeolit Sintesis

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam (zeolitisasi) dari batuan vulkanik tuf, sedangkan zeolit sintesis direkayasa oleh manusia secara proses kimia.

1. Zeolit Alam

Di alam banyak dijumpai zeolit dalam lubang-lubang lava dan dalam batuan piroklastik berbutir halus (*tuf*). Berdasarkan proses pembentukannya zeolit alam terbagi menjadi 2 kelompok yaitu :

- a. Zeolit yang terdapat diantara celah-celah batuan atau diantara lapisan batuan. Zeolit ini biasanya terdiri dari beberapa jenis mineral zeolit bersama-sama dengan mineral lain seperti kalsit, kwarsa, renit, klorit, florit dll.

- b. Zeolit yang berupa batuan

Hanya jenis sedikit zeolit yang berbentuk batuan diantaranya adalah : klinoptilotit, analsin, laumontit, mordenit, filipsit, ereonit, kabasit dan heolandit.

Menurut proses terbentuknya, batuan zeolit ini dapat dibedakan menjadi 7 kelompok, yaitu :

- a. Mineral zeolit yang terbentuk dari endapan gunung berapi di dalam danau asin yang tertutup.
- b. Mineral zeolit yang terbentuk di dalam danau air tawar atau di dalam lingkungan air tanah terbuka.

- c. Mineral zeolit yang terbentuk di lingkungan laut.
- d. Mineral zeolit yang terbentuk karena proses metamorphose berderajat rendah, karena pengaruh timbunan.
- e. Mineral zeolit yang terbentuk oleh aktifitas hidrotermal.
- f. Mineral zeolit yang terbentuk dari endapan gunung merapi di dalam tanah bersifat alkali.
- g. Mineral zeolit yang terbentuk dari batuan/mineral lain yang tidak menunjukkan bukti adanya hubungan langsung dengan kegiatan vulkanis.

2. Zeolit Sintetis

Susunan atom maupun kondisi zeolit dapat dimodifikasi, maka dapat dibuat zeolit sintesis yang mempunyai sifat khusus sesuai dengan keperluannya. Sifat zeolit sangat tergantung dari jumlah komponen Al dan Si dari zeolit tersebut. Oleh karena itu zeolit sintesis dikelompokkan sesuai dengan perbandingan kadar komponen Al dan Si dalam zeolit menjadi zeolit kadar Si rendah, zeolit kadar Si sedang dan kadar Si tinggi.

Zeolit merupakan mineral yang istimewa, karena struktur kristalnya sangat unik yaitu mudah diatur, sehingga sifat zeolit dapat dimodifikasi sesuai dengan keperluan pemakai. Bahwa pembentukan zeolit termodifikasi ini diduga tidak hanya polimerisasi hidrotermal dari masing-masing oksidanya (AlO_2 , SiO_2 dan PO_4) melainkan juga dapat dihasilkan dari proses substitusi P ke dalam bahan alam zeolit (alumino silikat) atau substitusi Si ke dalam senyawa aluminium fosfat. Dari kedua proses substitusi itu terdapat tiga kemungkinan yaitu polimer aluminosilikofosfat dengan muatan positif, netral dan negatif, tergantung pada jenis proses substitusi yang terjadi (Lenny Marilyn Estiaty, 2002).

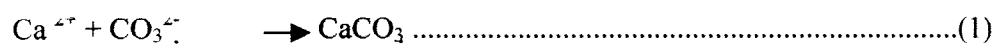
2.9 Tawas

Merupakan bahan kimia yang digunakan untuk menurunkan kekeruhan pada pengolahan limbah cair

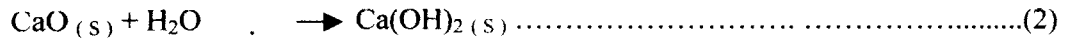
- Keuntungan dari penggunaan tawas adalah :
 1. Harga relatif murah
 2. Mudah di dapat dan sangat familer.
- Kerugian yang di timbulkan dari penggunaan tawas adalah :
 1. Walau harga satuan tawas relatif murah, namun tidak jarang hal ini membawa kita kebiaya akhir pada suatu periode yang lebih mahal.
 2. Umumnya dipasok dalam bentuk padatan sehingga perlu waktu dan energi untuk pelarutannya.
 3. Rentang pH untuk tawas relatif sempit yakni pH 6-8 sehingga untuk mengatasi hal ini diperlukan alkali pembantu.

2.10 Senyawa Kapur (CaO)

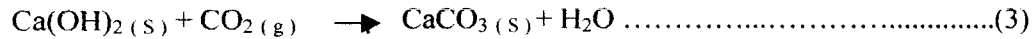
Kalsium (Ca) adalah logam putih perak, yang agak lunak. Kalsium membentuk kation kalsium (II), Ca^{2+} , dalam larutan-larutan air. Garam-garamnya biasanya berupa bubuk putih dan membentuk larutan yang tak berwarna, kecuali bila anionnya berwarna. (Petrucci, 1999). Kalsium karbonat terjadi karena reaksi:



Campuran kapur sudah berabad-abad lamanya dikenal oleh manusia, di Yunani campuran kapur digunakan untuk membangun kuil, di Romawi banyak digunakan untuk membuat jalan raya dan juga negara-negara besar lainnya di dunia. Adonannya terdiri dari satu bagian kapur dan tiga bagian pasir yang dicampur dengan air dan dicampur dengan batu dan bata, dapat melekatkan batu-batu untuk membangun jalan dan tembok. Pada tahap awal terjadi reaksi :



Kemudian kalsium hidroksida menyerap CO_2 dari udara membentuk kalsium karbonat. Persamaan reaksi yang terjadi :

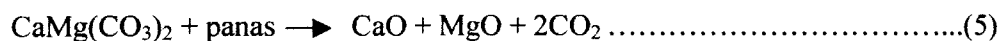
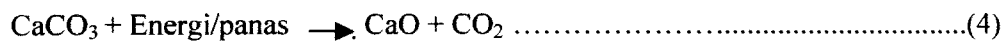


Pada jaman sekarang manusia menggunakan kapur untuk dijadikan bahan pembuat beton, bukan lagi adonan kapur. Semen dibuat dengan memanaskan campuran kapur, pasir, dan tanah liat pada suhu 1500°C membentuk kalsium aluminosilikat. CaO merupakan isomorf kalsit organik. Kalsium karbonat atau batu kapur, berdasarkan sifat-sifat periodik unsur maka Ca^{2+} merupakan logam ringan (Golongan II A) yang dibuat dengan cara elektrolisis lelehan garam dan bersifat reaktif. (Achmad, Hiskia, 1992).

- Kapur dapat ditemui dalam bentuk :

1. Kapur oksida

Bahan kapur oksida yang diperdagangkan disebut kapur sirih atau *Quick lime* (CaO) karena merupakan batu kapur yang dibakar sehingga terbentuk CaO adapun reaksi yang terjadi sbb :

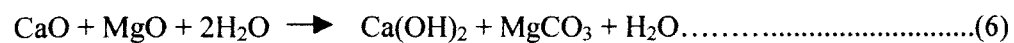


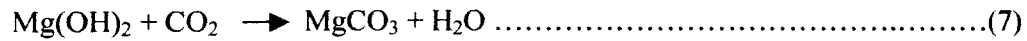
Kemurnian kapur jenis ini sekitar $\pm 85 - 95\%$ dan biasanya kotoran yang lazim dijumpai dalam kapur oksida berupa senyawa besi.

2. Kapur hidroksida

Bahan ini dapat diperoleh dengan menambahkan air pada batu kapur yang sudah dibakar, biasanya dikenal sebagai kapur tembok atau *slaked lime*.

(Ca(OH)_2) dengan reaksi pembentukan sebagai berikut :





Kemurnian kapur ini sekitar 95 – 96 % dengan endapannya berupa komponen senyawa kapur seperti oksida, hidroksida dan karbonat.

3. Kapur karbonat

Kapur ini diperoleh dengan menggiling batu kapur (CaCO_3) atau dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) hingga kehalusan tertentu. Reaksi kapur ini relatif agak lambat, oleh karena itu dapat bermanfaat dalam waktu yang relatif lama. Kemurnian kapur ini berkisar antara 75 – 98 %. (Linarsih,2002).

Dari segi kimia yang sempit adalah hanya satu persenyawaan yaitu kalsium oksida, akan tetapi dari segi pertanian istilah ini mempunyai arti yang lebih luas dan mencakup semua persenyawaan kalsium dan magnesium yang digunakan untuk menaikkan pH air atau tanah dan mengurangi unsur yang menyebabkan keasaman air atau tanah. Penambahan kapur digunakan untuk mengurangi konsentrasi pencemaran dalam air limbah.

- Bahan pencemar yang dapat dihilangkan atau dikurangi oleh kapur yaitu :
 1. Beberapa calcium, magnesium dapat dihilangkan dengan Ca(OH)_2 , khusus Ca^{2+} dan Mg^{2+} efisiensi lebih tinggi tercapai dari carbonat.
 2. Beberapa logam berat, cadmium, Kromium, nikel, perak.
 3. Pengurangan bakteri dan virus dapat dicapai dengan pembubuhan kapur pada kondisi pH 10.5 – 11.5 dengan cara penggumpalan atau sedimentasi.

2.11 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses dimana suatu partikel "menempel" pada suatu permukaan akibat dari adanya "perbedaan" muatan lemah diantara kedua benda, sehingga akhirnya akan terbentuk suatu lapisan tipis partikel-partikel halus pada permukaan tersebut.

Salah satu contoh mekanisme adsorpsi ini adalah permukaan karbon yang mampu menarik molekul organik. Bahan penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya. Sifat ini sangat menonjol pada padatan berpori, semakin halus serbuk – serbuk penyerap semakin luas permukaannya dan daya serapnya semakin besar. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh zat penyerap adalah (Ronodirdjo, 1982) :

- Mempunyai permukaan yang luas
- Berpori – pori
- Aktif dan murni
- Tidak bereaksi dengan zat yang diserap.

Menurut Weber (1972) dalam adsorpsi digunakan istilah *adsorbat* adalah substansi terserap yaitu substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, dan *adsorben* adalah media penyerap dalam hal ini adalah senyawa bantuan. Sesuai dengan jenis ikatan yang terdapat antara bahan yang diadsorpsi dan adsorbennya, maka dibedakan antara adsorpsi kimia dan adsorpsi fisika. Yaitu :

1. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia terjadi akibat adanya interaksi kimia antara zat penyerap dan zat terserap. Proses adsorpsi kimia merupakan proses yang tidak dapat balik (*irreversible*), sebab untuk menjadikannya proses balik diperlukan suatu energi yang besar sehingga dapat membentuk senyawa kimia yang lama pada permukaan adsorben.

2. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika terjadi apabila gaya tarik menarik antara zat terlarut dan adsorben lebih besar dari pada gaya tarik menarik antara zat terlarut dan zat pelarutnya. Sifat dari adsorpsi fisika adalah proses berlangsungnya cepat dan dapat

balik (*reversible*). Unsur yang terserap tidak terikat secara kuat pada bagian permukaan penyerap sehingga unsur atau zat yang diserap tadi tidak dapat bergerak dari bagian permukaan ke bagian lainnya.

Pada proses adsorpsi terdapat gabungan antara adsorpsi secara fisika dan kimia yang akan sulit dibedakan, namun demikian tidak akan mempengaruhi pada analisa.

2.11.1 Faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi

1. Karakteristik fisik dan kimia zat penyerap termasuk didalamnya adalah luas permukaan, ukuran pori dan komposisi kimia.
2. Karakteristik fisik dan kimia zat terserap yang meliputi komposisi kimia, ukuran molekul, polaritas molekul, pH dan temperatur.
3. Konsentrasi zat terserap, semakin tinggi konsentrasi kontaminan semakin mudah untuk diserap karena semakin banyak molekul zat terserap.
4. Kecepatan aliran dan waktu kontak, semakin kecil kecepatan aliran larutan dengan kandungan zat terserap maka waktu tinggal semakin lama sehingga semakin tinggi tingkat efisiensinya.
5. Diameter dan tinggi kolom, semakin kecil dan tinggi diameter kolom semakin besar tingkat efisiensinya (Reynolds, 1982).

2.11.2. Adsorpsi Gas oleh Zat Padat

Adsorben padat yang baik ialah yang porositasnya tinggi seperti Platina hitam, arang, dan silika gel. Permukaan zat ini sangat luas hingga adsorpsi terjadi pada banyak tempat. Namun demikian adsorpsi dapat terjadi pada permukaan yang halus seperti gelas atau platina.

Adsorpsi gas oleh zat padat ditandai oleh kenyataan-kenyataan sebagai berikut :

1. Adsorpsi bersifat selektif, artinya suatu adsorben dapat menyerap suatu gas dalam jumlah banyak, tetapi tidak menyerap gas-gas tertentu.

2. Adsorpsi terjadi sangat cepat, hanya kecepatan adsorpsinya makin berkurang dengan makin banyaknya gas yang diserap.
3. Jumlah gas yang diserap tergantung pada temperatur, makin jauh jarak temperatur penyerapan dari temperatur kritis makin sedikit jumlah gas yang diserap.
4. Adsorpsi tergantung dari luas permukaan adsorben, makin porous adsorben makin besar daya adsorpsinya.
5. Adsorpsi tergantung jenis adsorben dan pembuatan adsorben. Zeolit dari sesuatu bahan yang dapat dibuat dengan berbagai cara mempunyai daya serap berbeda pula.
6. Jumlah gas yang diadsorpsi per satuan berat adsorben tergantung tekanan parsial (*partial pressure*) gas, makin besar tekanan makin banyak gas diserap. Namun demikian bila penyerapan telah jenuh tekanan tidak berpengaruh.
7. Adsorpsi merupakan proses yang dapat berbalik (*reversible*). Bila tidak terjadi reaksi kimia. Penambahan tekanan menyebabkan penambahan adsorpsi dan pengurangan tekanan menyebabkan pelepasan gas yang diserap.

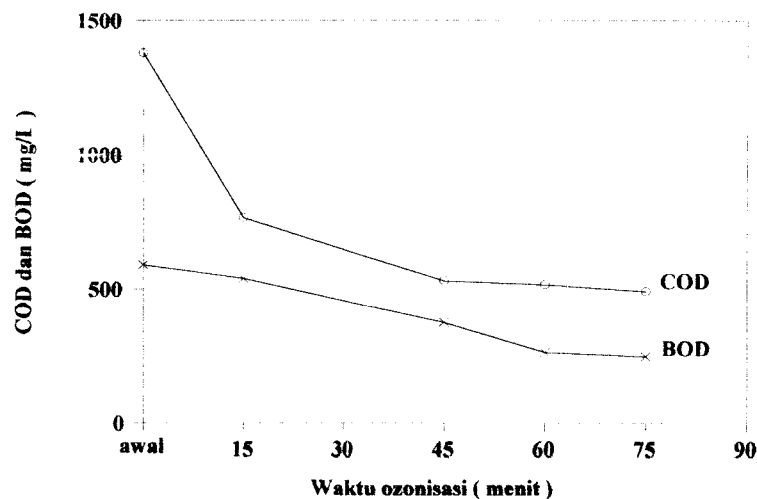
Adsorpsi (penyerapan) adalah proses pemisahan dimana komponen dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Biasanya partikel-partikel kecil zat penyerap dilepaskan atau diputuskan kembali pada adsorpsi kimia merupakan ikatan yang kuat antara penyerap dan zat yang diserap dengan proses yang, hampir tidak mungkin untuk bolak balik (Allen, 1967).

Dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorban, dimana adsorbat adalah substansi yang terserap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya,

sedangkan adsorban adalah merupakan suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon (Weber, 1972).

2.12 Penelitian Yang Pernah Dilakukan

Penggunaan teknologi ozon sudah pernah dilakukan dalam penelitian penurunan BOD dan COD dengan variasi butiran zeolit, limbah cair tekstil GKBI Jogjakarta. Terjadi penurunan yang sangat signifikan untuk BOD yaitu :

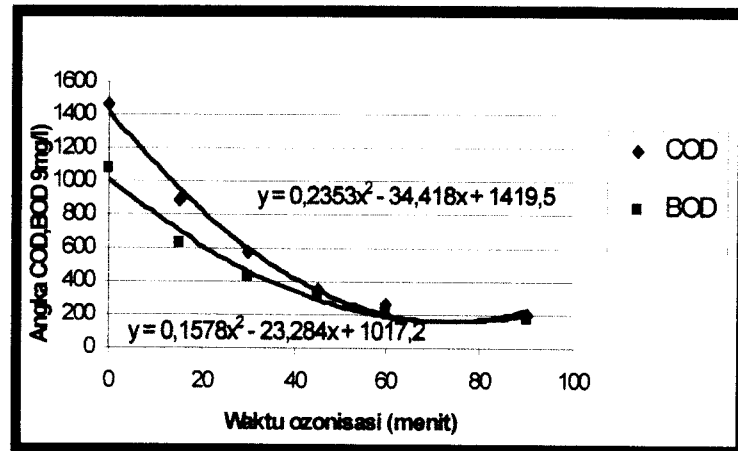
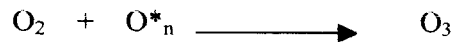
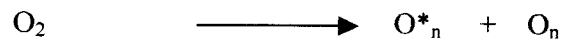


Gambar 6. Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Tekstil

COD dan BOD merupakan parameter yang umum dipakai dalam menentukan pencemaran oleh bahan-bahan organik limbah, semakin besar kebutuhan oksigen yang dipakai oleh mikroorganisme dalam air untuk memenuhi kebutuhan hidupnya dan untuk reaksi kimia guna menguraikan unsur-unsur pencemar, maka COD dan BOD semakin tinggi maka artinya semakin tinggi pula tingkat pencemaran air limbah oleh bahan-bahan organik.

Pada gambar 6 dan gambar 7 terlihat bahwa ozon memiliki peran besar dalam menurunkan BOD dan COD, karena ozon merupakan oksidator yang kuat yaitu

dengan adanya unsur oksigen yang tidak stabil, sehingga sangat reaktif, hal ini dapat diterangkan dalam reaksi berikut :



Gambar 7. Penurunan BOD dan COD limbah Industri

O_n bersifat radikal sehingga apabila bertumbukan dengan air akan membentuk ion hidroksil (OH), yang kemudian pada gilirannya akan berperan merombak ikatan-ikatan dari persenyawaan kimia baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam limbah, sehingga organisme akan mengalami kekurangan bahan atau nutrisi yang diurai, dengan demikian akan mengurangi jumlah oksigen yang terkandung dalam limbah tersebut. Hal ini terlihat dengan adanya penurunan BOD dan COD, dimana BOD adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan organik yang ada dalam air limbah, sedangkan COD adalah oksigen yang dibutuhkan agar beban bahan buangan yang ada dalam limbah dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. (Isyuniarto, 2005)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian bertempat di Laboratorium PTPN X Kediri, Laboratorium Teknofisikokimia Puslitbang BATAN Jogjakarta, Laboratorium Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang, dan Laboratorium Penyehatan Jurusan Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Jogjakarta.

3.2 Obyek Penelitian

Obyek penelitian ini adalah Kandungan BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Limbah Cair Industri pabrik gula PTPN X, Kediri, Jawa Timur.

3.3 Parameter Penelitian

Tabel.7. Parameter Penelitian

Parameter	Ambang batas limbah cair pabrik gula (Kep.Gubenuur DIY, No:281/KPTS/1998)	Satuan	Metode uji	Pengambilan sampel	Pewadahan
BOD	60	Mg/l	Titration Winkler	Limbah Diaduk & Dimasukan dlm wadah	Botol Winkler
COD	100	Mg/l	Titration Iodometri	Limbah Diaduk & Dimasukan dlm wadah	Jerigen plastik
TSS	50	Mg/l	Gravimetri	Limbah Diaduk & Dimasukan dlm wadah	Jerigen plastik
Sulfida sbg (H ₂ S)	0,5	Mg/l	Spektrofotometri	Limbah Diaduk & Dimasukan dlm wadah	Jerigen plastik
Minyak & Lemak	5	Mg/l	Spektrofotometri	Diper permukaan air limbah	Jerigen plastik
Ph	6,0 – 9,0	0-14	pH meter	Diukur ditempat pengambilan sampling	Jerigen plastik

Volume Limbah maksimum : 5 m³/ton produk gula.

3.5 Variabel Penelitian

1. Variabel Berubah yaitu :

- a. Waktu Ozonisasi : 0 menit, 10 menit, 20 menit, 30, menit, 40 menit, 50 menit 60 menit.
- b. Zeolit : (0, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2)%
- d. Tawas : (0, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2)%
- e. Kapur : (0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0)%

2. Variabel Tetap yaitu :

- a. Konsentrasi Gas Ozon
- b. Parameter TSS, BOD, COD, Minyak, Lemak, dan Sulfida (H₂S)
- c. PH > 8

3.6 Alat dan Bahan Penelitian

3.6.1 Alat Penelitian

1. Pengambilan Contoh

- a. Jerigen plastik 25 liter (5 buah)
- b. Corong air besar 5 buah
- c. Selang $\frac{3}{4}$ inchi panjang 1 meter
- d. Gayung (ciduk) 5 buah
- e. Botol kaca/plastik 1500 ml, sebanyak 50 buah

2. Proses Ozonisasi

- a. Generator Ozon (*Ozonnizer*)
- b. Gelas ukur 2000 ml, sebanyak 6 buah
- c. Stop wath
- d. Selang plastik kecil 2 meter.
- e. Timbangan

f. Spektrofotometer

g. pH meter

3.6.2 Bahan Penelitian

1. LIMBAH

- Volume tempat sampel : 2000 ml
- Sebagai kontrol : limbah cair pabrik gula.
- Analisis : BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan Sulfida
- Volume sampel : 1000 ml
- Zeolit : (0, 0.6, 0.8, 1.0 , 1.2)%
- Tawas : (0; 0.6, 0.8, 1.0, 1.2)%
- Kapur : (0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0)%
- Perlakuan Parameter :
 - Zeolit + O₃ : Zeolit divariasi dan O₃ tetap.
 - Tawas + O₃ : Tawas divariasi dan O₃ tetap.
 - Kapur + O₃ : Kapur divariasi dan O₃ tetap.
 - O₃ divariasi dan pH tetap.

2. Analisa BOD

- a. Larutan *Buffer Pospat*
- b. Larutan *Magnesium Sulfat* (MgSO₄)
- c. Larutan *Kalsium Klorida* (CaCl₂)
- d. Larutan *feri Klorida* (FeCl₃)

3. Analisa COD

- a. Larutan Standar *Kalium Dikromat* (K₂Cr₂O₇)
- b. Pereaksi asam *sulfat-silver sulfat* (Ag₂SO₄)

- c. Larutan Indikator *Feroin*
 - d. Larutan *Fero Amonium Sulfat* 0,25 N
 - e. *Merkuri sulfat*. (HgSO_4)
4. Analisa TSS
- a. Cawan penguapan, diameter 90 mm, kapasitas 100 ml, terbuat dari proselin atau platina.
 - b. Oven untuk pemanasan 105°C .
 - c. Desikator
 - d. Timbangan analitis, kapasitas 200 gram, ketelitian 0,1 mg.
 - e. Cawan Gooch, dengan kapasitas 25 ml, alat penyaring membran.
 - f. Filter kertas biasa atau *filter fiber glass*.
 - g. Bejana isap (*suction flask*), kapasitas 500 ml atau 1000 ml, serta alat pompa vakum.
5. Analisa pH
- a. pH meter
 - b. Labu ukur 1 liter 1 buah
 - c. Termometer
 - d. Gelas Piala
 - e. Air suling
 - f. Larutan buffer pH 4,004
 - g. Larutan buffer pH 7,415
 - h. Larutan buffer pH 9,183
 - i. Air suling
6. Penentuan ozonisasi dengan metode Spektrofotometri.
- a. KI : *Potasium Iodide* p.a No. Cat. 5043 Merck.

- b. Na_2HPO_4 : *di-SodiumHydrogen Phosphate* No. Cat. 6586 Merck.
- c. KH_2PO_4 : *Potassium di-Hydrogen Phosphate* No. Cat. 4873 Merck.
- d. I_2 : *Iodine* No. Cat. 4761 Merck.

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Ringkasan Rangkaian Penelitian

A. Limbah

1. Pengambilan sampel dilakukan setelah proses pengendapan.
2. Menganalisa kandungan TSS, BOD, COD, Minyak, Lemak dan Sulfida pada sampel limbah.
3. Perlakuan sampel limbah tahap I :
Dengan variasi penambahan dosis senyawa kimia/adsorben Zeolit, (0.6, 0.8, 1.0, 1.2)% dan dilakukan proses ozonisasi dengan waktu 45 menit.
4. Perlakuan sampel limbah tahap II :
Dengan penambahan senyawa kimia/adsorben Tawas dengan variasi dosis (0, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2)% dan dilakukan proses ozonisasi dengan variabel waktu 45 menit.
5. Perlakuan sampel limbah tahap III :
Dengan penambahan senyawa kimia/adsorben Kapur dengan variasi dosis (0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0)% dan dilakukan proses ozonisasi dengan variabel waktu 45 menit.
6. Perlakuan sampel limbah tahap IV :
Dengan pengaturan pH limbah konstan >8 dan dilakukan proses ozonisasi dengan variasi waktu kontak (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60) menit.

7. Setiap perlakuan yang dilakukan menunggu hasil analisa.
8. Analisa data dan pembahasan.
9. Pembuatan laporan.

B. Cara kerja Analisa BOD, COD, TSS

1. Pemeriksaan BOD

Penentuan BOD dilakukan dengan menggunakan metode titrasi Winkler, dimana nilai BOD dapat dihitung dengan rumus :

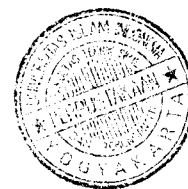
$$BOD = DO_{(0)} - DO_{(5)}$$

a. Penentuan $DO_{(0)}$

Dipipet 50 ml sampel ke dalam labu ukur 1000 ml ditambahkan masing-masing 1 mL buffer fosfat, $MgSO_4$, $CaCl_2$ dan $FeCl_3$ dan diencerkan dengan air suling sampai tanda batas. Dipindahkan ke dalam beker 1000 ml lalu aerasi selama 15 menit. Dimasukkan ke dalam botol Winkler dan tutup, tambahkan masing-masing 1 ml KOH-KI dan $MnSO_4$ 10%, tutup lalu kocok dengan membolak-balikkan botol winkler. Dibiarkan selama 10 menit lalu dipindahkan ke erlemeyer. Ditambahkan 1 ml H_2SO_4 pekat, dikocok dan dititrasi dengan tiosulfat hingga kuning pucat. Ditambahkan beberapa tetes amilum 1% kemudian titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang.

b. Penentuan $DO_{(5)}$

Sampel yang telah diaerasikan pada pengerjaan $DO_{(0)}$ dimasukkan ke dalam botol winkler dan ditutup rapat (dijaga jangan sampai timbul rongga udara) dan disimpan selama 5 hari. Kemudian dititrasi dengan cara yang sama pada penentuan $DO_{(0)}$.



2. Pemeriksaan COD

Penentuan COD dilakukan dengan menggunakan metode titrasi iodometri. Dipipet 50 ml air suling sebagai blanko dan 50 ml sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml ditambahkan 0,1 g HgSO₄ dan 5 ml KMnO₄ 0,1 M. Ditutup dengan plastik lalu dipanaskan selama 1 jam dalam penangas air, didinginkan dan ditambahkan 5 ml KI 10% dan 10 ml H₂SO₄ 4 N. Kemudian dititrasi dengan larutan standar Na₂S₂O₃ sampai berwarna kuning pucat. Setelah itu ditambahkan beberapa tetes amilum 1% kemudian dititrasi kembali sampai warna biru hilang.

3. Pemeriksaan TSS

a. Dengan *filter fiber glass*

1. Tempatkan *filter fiber glass* di atas penyaringan atau cawan Gooch. Sambung dengan sistem vakum. Cuci filter tersebut dengan air suling sebanyak 3 kali 20 ml, lepaskan *filter fiber glass* tersebut dan letakkan di atas jaring-jaring dari alumunium atau baja anti karat (*stainless steel*), jaring-jaring di letakkan pada cawan porselin (*platina*), kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C selama 1 jam, sampai kering. Kemudian dinginkan dalam desikator, sampai waktunya akan digunakan. Timbang segera dengan cepat sebelum digunakan.

2. Sampel yang telah dikocok merata, sebanyak 100 ml dipindahkan dengan menggunakan pipet, ke dalam alat penyaring atau cawan Gooch, kemudian saring dengan vakum.

3. *Filter fiber glass* dengan zat tersuspensi yang tertahan diambil dengan hati-hati dari alat penyaring dan ditempatkan di atas jaring-

jaring yang diletakkan pada cawan untuk dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Bila memakai cawan Gooch, panaskan cawan Gooch panaskan dengan menggunakan filter. Dinginkan di dalam desikator dan kemudian ditimbang dengan cepat. Ulangi pemanasan dan penimbangan sampai didapat berat yang konstan.

b. Dengan filter kertas

1. Panaskan filter kertas di dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator 15 menit dan kemudian timbang dengan cepat. Ulangi pemanasan dan penimbangan sampai didapat berat yang konstan.

2. Sampel dikocok merata, sebanyak 100 ml, dipindahkan dengan menggunakan pipet ke dalam alat penyaring atau cawan Gooch yang sudah ada kertas filter di dalamnya. Kemudian disaring dengan sistem vacuum.

3. Filter kertas diambil dari alat penyaring dengan hati-hati, ditempatkan di atas jaring-jaring yang diletakan pada cawan, masukan dalam oven untuk dipanaskan 105°C , selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator dan kemudian timbang dengan cepat. Ulangi pemanasan dan penimbangan sampai beratnya konstan.

4. Pemeriksaan pH

Tahapan cara kerja analisis sebagai berikut :

1. Kalibrasi Alat

a. Bilas elektroda dengan larutan penyangga pH 7,415 sebanyak 3 kali kemudian keringkan dengan kertas lembut, ukur pH

larutan buffer dan atur alat sehingga pH menunjukkan angka 7,415

- b. Bilas elektroda dengan larutan penyangga pH 4,004 sebanyak 3 kali kemudian keringkan dengan kertas lembut, ukur pH larutan buffer dan atur alat sehingga skala pH menunjukkan angka 4,004
- c. Bilas elektroda dengan larutan penyangga pH 9,183 sebanyak 3 kali kemudian keringkan dengan kertas lembut, ukur pH larutan buffer dan atur alat sehingga skala pH menunjukkan angka 9,183.

2. Penetapan pH Contoh :

- a. Bilas elektroda dengan air suling sebanyak 3 kali dan keringkan dengan kertas lembut.
- b. Rendamlah elektroda kedalam contoh selama ± 1 menit kemudian keringkan dengan kertas lembut.
- c. Ganti Contoh dan rendamlah elektroda kedalam contoh tersebut sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.

5. Penentuan Ozon menggunakan Metode Spektrofotometri.

a. Pembuatan Larutan Standar I_2 (Iodine)

1. 16,0 gr KI + 3,173 gr I_2 dilarutkan dalam aquades.
2. Volumnya 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. Volumanya 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 dgn 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. $\text{I}_2 = 0,00125$ 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 :

No	Volumel 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	

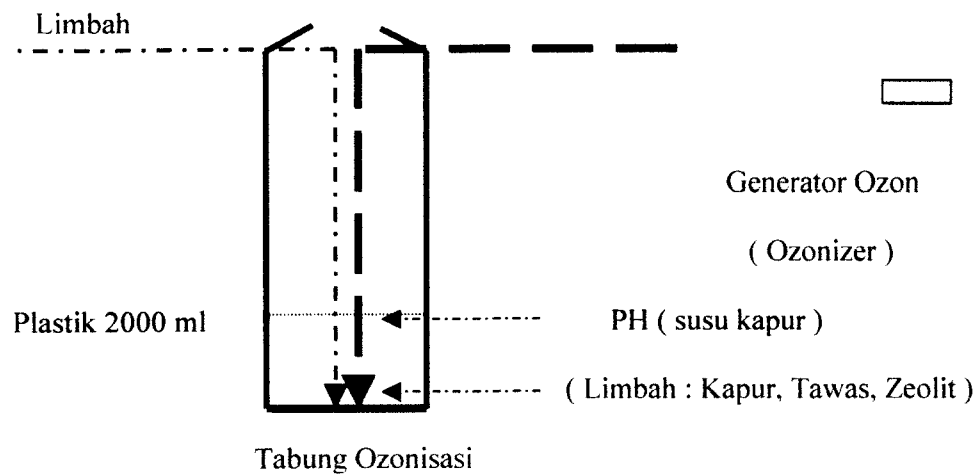
(Sumber : Juklak Penentuan Ozon Metode Spektrofotometri
Laboratorium Teknofisikokimia BATAN Yogyakarta)

e. Analisa Ozon (O₃)

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 I₂ memakai kurva standar I₂.
3. Kemudian dihitung berat ozon berdasar persamaan.

f. 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
4. Analisa data sesuai dengan parameter yang diteliti



Gambar 8. Skema Proses Ozonisasi

3.7.2 Perhitungan

1. Perhitungan BOD

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

$$Kadar O_2 (ppm) = \frac{ml \times N \text{ pentiter} \times 8000}{mL \text{ sampel} - 2}$$

$$DO = kadar O_2 (ppm) \times faktor \text{ pengenceran}$$

2. Perhitungan COD

$$Kadar COD (ppm) = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{mL \text{ sampel}}$$

dimana;

A = ml pentiter untuk blanko

B = ml pentiter untuk sampel

N = normalitas $Na_2S_2O_3$

3. Analisa TSS

Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah :

$$\text{mg/l Residu tersuspensi} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{ml Contoh}}$$

Keterangan :

A = Berat kertas saring berisi residu tersuspensi, dalam mg

B = Berat kertas saring kosong, dalam mg

4. Menghitung berat ozon (O₃)

Dengan persamaan reaksi :



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

$$= (\text{mol I}_2) \times 48 \text{ gr/mol}$$

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

5. Rumus efisiensi Proses

Rumus yang digunakan untuk menghitung efisiensi proses pengolahan adalah :

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

Ef = Efisiensi proses penurunan parameter (%)

C₀ = Konsentrasi parameter saat masuk ke proses

C₁ = Konsentrasi parameter saat keluar dari proses.

3.8 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

Tabel. 9 Hasil pemeriksaan BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S

Variabel Bebas Waktu (menit)	Konsentrasi Ozon mg/dt	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	Minyak dan Lemak (mg/L)	H ₂ S (mg/L)
0	0,9 mg/dt					
10	0,9 mg/dt					
20	0,9 mg/dt					
30	0,9 mg/dt					
40	0,9 mg/dt					
50	0,9 mg/dt					
60	0,9 mg/dt					

3.8.1 Rancangan Alat

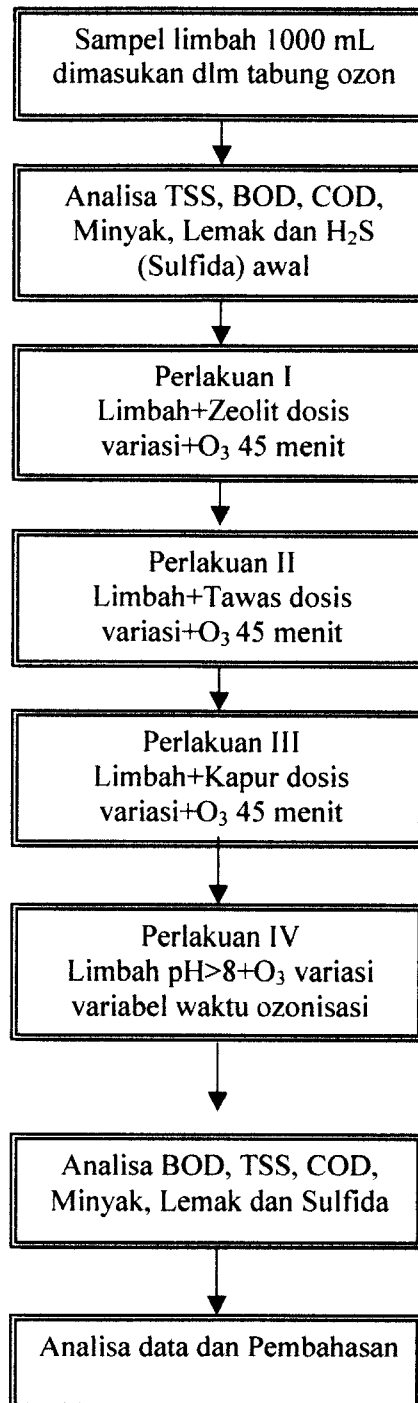
Pembuatan generator ozon dengan sumber daya multifrekuensi (1-5 kHz), tegangan (maksimum 25 kV), daya maksimum 100 Watt, dan tabung lucut bentuk koaksial dengan salah satu elektrodanya dilapisi dengan gelas bahan dielektrik. System generator ozon digunakan untuk tabung plastik dengan volume 1000 ml.

3.8.2 Metode Riset

Generator ozon diuji sifat elektriknya, juga luaran ozon diuji secara kimia. Pengujian dan karakteristik alat dengan cara memvariasi parameter-parameter fisis, seperti tekanan gas, laju aliran gas, daya dan frekuensi RF, agar didapat kondisi optimal. Karakteristik ozon yang dihasilkan dengan metode Iodometri. Tabung plastik 2000 ml diisi limbah dengan volume 1000 ml, kemudian ditutup rapat. Ozon dialirkan ke dalam tabung plastik selama jangka waktu tertentu. Variable untuk

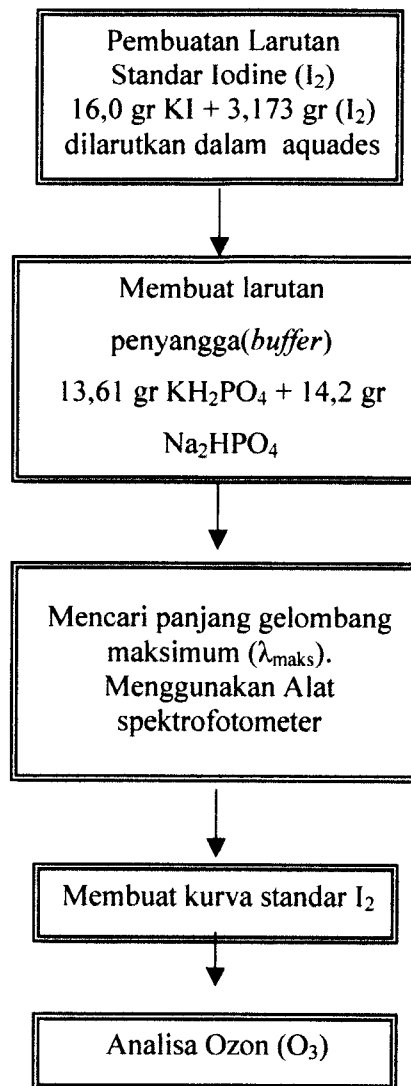
3.10 Proses Ozonisasi

1. Limbah



Gambar 10. Skema Proses Limbah

4. Penentuan Berat Ozon



Gambar 13. Skema penentuan berat ozon

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mencoba menggunakan metode ozonisasi 100 watt dengan dosis ozon 0,9 mg/dt untuk pengolahan limbah cair industri pabrik gula khususnya untuk menurunkan kandungan zat organik. Parameter yang diukur adalah kebutuhan oksigen biokimia (BOD), kebutuhan oksigen kimiawi (COD), zat padat tersuspensi (TSS), minyak dan lemak, H₂S limbah sebelum dan setelah perlakuan dengan ozonisasi.

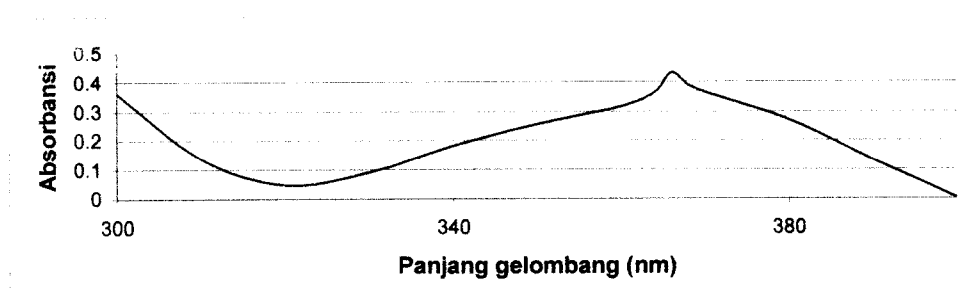
Langkah pertama dalam perlakuan limbah cair pabrik gula adalah dengan menentukan dosis ozon yang dihasilkan *ozonizer* yang nantinya akan diaplikasikan ke dalam perlakuan limbah dan nantinya bila berhasil akan diaplikasikan langsung ke industri yang bersangkutan.

Pengambilan limbah dilakukan setelah proses pengolahan limbah yang telah ada atau telah dilakukan disana yaitu pengolahan limbah setelah kolam pengendapan yang nantinya air limbah setelah diolah 90% airnya didaur ulang kembali untuk proses vakum atau pendinginan alat-alat pabrik, pencucian alat-alat pabrik dan kebutuhan produksi lainnya, kemudian sisa air dari pengolahan limbah baru dibuang ke sungai di sekitar pabrik. Untuk letak pengambilan sampel limbah terletak di pintu outlet, dimana pengambilan sampel limbah yang dilakukan terdiri atas tiga tahap, yaitu yang pertama daerah dasar outlet kolam, kedua di daerah tengah dan yang terakhir di daerah permukaan yang terdapat banyak gelembung busa. Dalam pengolahan yang terdapat di dalam pabrik yang sampai dengan saat ini masih dijalankan, bentuk kolamnya yaitu retransunguler terbuka. Untuk perlakuan penelitian ini, ke dalam limbah yang bervolume 1000 ml ditambahkan zeolit yang sudah

teraktivasi, tawas dan kapur pada berbagai variasi konsentrasi dengan waktu ozonisasi 45 menit, serta dilakukan perlakuan variasi waktu kontak ozon dengan limbah yang telah diatur pHnya >8 , kemudian dilakukan analisis BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H_2S . Hal ini bertujuan untuk menentukan berat dosis zeolit, tawas dan kapur, serta konsentrasi waktu kontak ozonisasi yang optimum serta juga untuk menentukan efisiensi alat ozonizer dalam menurunkan parameter yang terkandung dalam limbah cair pabrik gula. Ini dapat dilihat dari hasil analisis BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H_2S . Sehingga dapat ditentukan persentase penurunan BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H_2S pada limbah cair industri pabrik gula dengan menggunakan metode ozonisasi.

4.1 Percobaan awal untuk mengetahui dosis ozon yang dihasilkan Ozonizer.

Percobaan awal yang dilakukan meliputi identifikasi terbentuknya gas ozon serta penentuan dosis ozon yang dihasilkan per satuan waktu oleh alat *ozonizer*. Dosis ozon yang dihasilkan oleh *ozonizer* dianalisis dengan metode iodometri. Prinsip dasar metode iodometri ini adalah oksidasi KI oleh ozon yang terbentuk menghasilkan I_2 , dimana jumlah I_2 yang dihasilkan sebanding dengan jumlah ozon. Kadar I_2 diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada λ_{max} dan didapatkan panjang gelombang maksimum pada 366 nm.



Gambar 14. Spektrum absorpsi I_2

Keter terjadinya perubahan warna larutan buffer dari jernih menjadi kuning kecoklatan, dan juga ditandai bau khas gas ozon yang keluar dari tabung lecutan (*ozonizer*). Berat ozon dihitung berdasarkan perbandingan mol dimana 1 mol I₂ ekuivalen dengan 1 mol ozon. Adapun persamaan reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Hasil dari perhitungan diperoleh jumlah ozon yang dihasilkan dari tabung lecutan (*ozonizer*) rata-rata per detiknya yaitu sebesar 0,9 mg/detik. Hasil ini adalah inovasi baru dari pembuatan ozonizer yang telah dibuat oleh pihak BATAN, sehingga *ozonizer* yang digunakan mempunyai daya yang cukup besar, dimana gas masukan berupa udara bebas. Apabila gas masukan berupa oksigen murni maka ozon yang dihasilkan akan semakin besar (Purwadi dkk, 2001). Gas ozon yang diperoleh diaplikasikan ke dalam limbah cair industri pabrik gula untuk mendekomposisi komponen-komponen organik dalam limbah tersebut. Adapun parameter-parameter yang diamati yaitu BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H₂S.

4.2 Penentuan Berat Tawas, Zeolit Dan Kapur Optimum

Sifat limbah cair industri Pabrik Gula sebelum pengolahan dibandingkan dengan batas baku mutu lingkungan seperti terlihat pada tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan kandungan BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H₂S limbah cair industri gula PT. Perkebunan Nusantara X sebelum diolah dengan baku mutu limbah cair industri Pabrik Gula.

Parameter	Sebelum Pengolahan				Baku Mutu Limbah Cair Industri Gula (mg/l)***
	Limbah I *	Limbah II *	Limbah III **	Limbah IV **	
BOD	756	581	324	360	60
COD	873	624	660	710	100
TSS	406	364	170	208	50
Minyak&Lemak	0.13	0.096	6.46	6.82	0.5
H ₂ S	8.59	6.72	1.46	1.98	5

hasil akhir pengolahan air limbah yang cukup jernih. Dalam perlakuan limbah yang pertama ini digunakan koagulan tawas yang telah dihaluskan, sehingga dalam proses ozonisasi nantinya didapatkan hasil yang optimal karena semakin kecil ukuran butiran tawas maka daya penyerapannya semakin tinggi. Hasil proses perlakuan yang dilakukan dengan menggunakan tawas diperoleh adalah sebagai berikut :

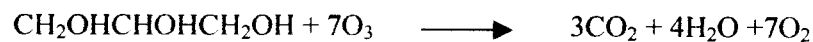
a. Untuk BOD dan COD :

Diperoleh hasil bahwa terjadinya degradasi limbah yang mengandung zat organik dengan ozonisasi hal ini ditunjukkan adanya indikator penurunan COD dan BOD seperti antara lain reaksi dibawah ini :

1. Zat gula atau maltosa



2. Gliserol

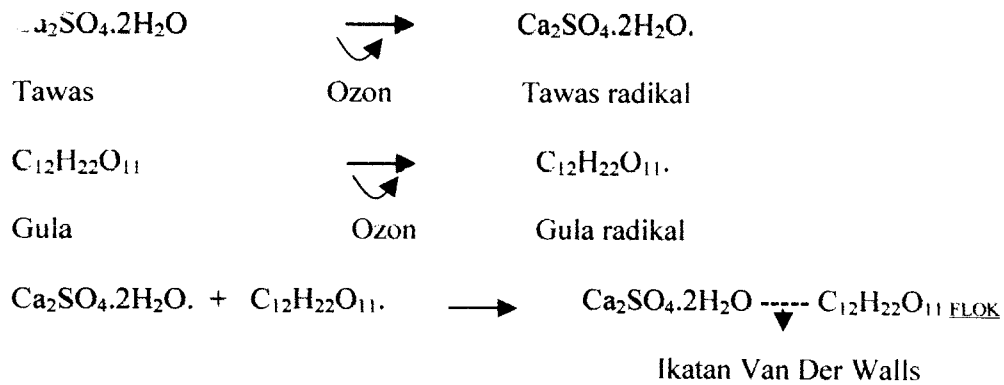


3. Benzen



Demikian pula semakin banyak tawas yang ditambahkan akan semakin banyak COD dan BOD turun yang ada pada limbah karena koagulan tawas dapat menyerap kadar parameter BOD dan COD pada limbah ini disebabkan daya adsorpsi tawas untuk menurunkan kadar parameter pencemar. Dimana ozon mendegradasi BOD dan COD pada limbah menjadi flok-flok dan kemudian teradsorpsi oleh koagulan tawas sehingga mudah terendapkan. Analisa yang telah dilakukan nilai BOD, COD pada limbah yang menggunakan ozonizer dan variasi dosis koagulan tawas dengan waktu ozonisasi 45 menit, sehingga terlihat penurunan kadar BOD, COD pada limbah gula.

Dari proses tersebut diperkirakan reaksi antar ozon dan koagulan tawas dengan limbah yaitu sebagai berikut :



Dari hasil percobaan yang telah dilakukan dengan penambahan tawas pada proses ozonisasi, maka dapat diketahui bahwa hipotesa awal dalam penelitian ini dapat dibuktikan, karena BOD dan COD yang terkandung dalam limbah gula dapat terdegradasi, hal ini dilihat dari hasil analisa laboratorium yang telah dilakukan.

b. Untuk TSS

Hasil analisa pada parameter TSS, ozon dapat mendegradasi senyawa organik pada kadar parameter TSS hingga dosis yang rendah hal ini sama dengan penurunan kadar BOD, COD yang disebabkan oleh pendegradasian senyawa organik oleh ozon menjadi flok-flok yang kemudian teradsorpsi oleh adanya koagulan tawas yang ditambahkan pada dosis rendah, akan tetapi pada penambahan koagulan tawas pada dosis besar diketahui dapat memicu kenaikan TSS karena dapat menyebabkan kenaikan endapan tersuspensi pada air limbah. Sehingga hipotesa awal dalam penelitian ini dapat dibuktikan pada penambahan dosis tawas yang rendah akan tetapi pada penambahan tawas dosis tinggi konsentrasi TSS cenderung naik.

c. Untuk Minyak & Lemak

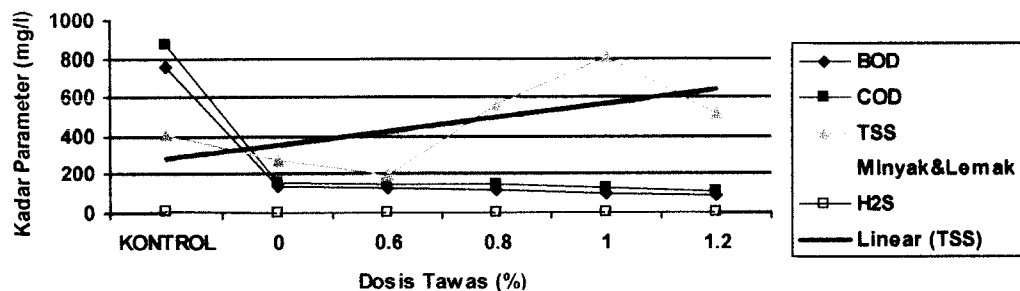
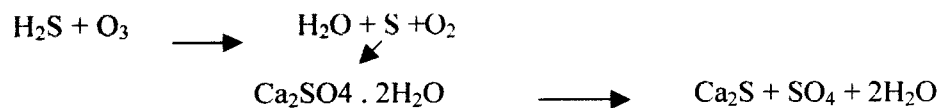
Dalam analisa parameter minyak & lemak dapat dilihat bahwa proses ozonisasi dengan menggunakan penambahan koagulan tawas dapat menurunkan kandungan parameter pencemar yaitu minyak & lemak pada limbah pabrik gula. Ini disebabkan juga bahwa ozon dapat mendegradasi senyawa organik yang terdapat

pada parameter minyak dan lemak menjadi flok-flok yang kemudian teradsorpsi oleh senyawa koagulan tawas sehingga menjadi makro flok yang mudah terendapkan. Maka dapat diketahui bahwa minyak dan lemak dalam limbah gula dapat terdegradasi.

d. Untuk H₂S

Pada perlakuan ozonisasi dengan penambahan koagulan tawas diketahui dapat menurunkan kadar pencemar H₂S, ini disebabkan bahwa ozon dapat mendegradasi senyawa-senyawa organik pada limbah yang diketahui pada limbah awal sebelum proses perlakuan diketahui terdapatnya bau yang sangat tajam akan tetapi setelah perlakuan bau tersebut hilang, sebanyak dengan penambahan koagulan.

Diketahui rumus degradasi ozon oleh H₂S adalah :



Gambar 17. Penurunan Kadar Parameter

Dari hasil gambar diatas maka dapat dilihat nilai optimum penurunan kadar pencemar pada limbah pabrik gula yaitu sebagai berikut : diketahui nilai optimum terdapat pada dosis tawas sebesar 0.8% dengan kadar penurunan parameter sebesar BOD dari 756 mg/l menjadi 115 mg/l, COD dari 873 mg/l menjadi 145 mg/l, minyak&lemak dari 0.13 mg/l menjadi 0.032 mg/l dan H₂S dari 8.59 mg/l menjadi 2.24 mg/l, TSS dari 406 mg/l menjadi 562 mg/l hal ini dikarenakan penambahan

dosis tawas yang besar sehingga dapat menaikkan nilai TSS. Dalam pengamatan yang dilakukan selama proses ozonisasi limbah dengan menggunakan bahan koagulan tawas terdapat beberapa dampak yang terjadi setelah proses ozonisasi selesai.

Menggunakan senyawa kimia adsorben tawas tidak efisien bila dosisnya terlalu tinggi, karena ditemukan bahwa pH akhir limbah setelah ozonisasi turun sangat dratis sehingga bila nantinya setelah proses ozonisasi bila limbah dibuang ke sungai atau lingkungan maka akan melampaui ambang batas baku mutu limbah cair pabrik gula atau tidak sesuai dengan standart baku mutu limbah yang menurut KLH (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep. 51/MENLH/10/1995 dan Keputusan Gubernur DIY No. Kep. 281/KPTS/1998 adalah antar 6 – 9, sedangkan hasil akhir limbah tersebut adalah antar 2 – 4 dan juga bila hasil dari pengolahan limbah dipakai kembali untuk kebutuhan produksi yang pH nya dibawah baku mutu atau sangat asam, maka dapat merusak mesin-mesin pabrik atau dapat menjadi korosif. Ini yang menyebabkan koagulan tawas tidak efisien bila digunakan dalam dosis yang terlalu tinggi.

Untuk proses lebih lanjut maka limbah sebelum dibuang hendaknya dinaikan pH nya kembali sampai dalam satandard baku mutu yang telah ditentukan, menaikkan pH ini dapat dilakukan dengan menambah susu kapur kemudian diendapkan baru di buang ke lingkungan.

Nilai parameter limbah cair industri gula PTPN X, Kediri sebelum dilakukan pengolahan yang semula di atas batas kadar maksimal baku mutu limbah cair industri gula, setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode ozonisasi selama 45 menit serta penambahan tawas 0.8%, diperoleh efisiensi untuk BOD sebesar 84,79 %, COD sebesar 83,39 %, TSS sebesar 0%, minyak & lemak sebesar 75.38%, H₂S sebesar 73.92 %. Dari hasil ini dapat dibuktikan bahwa penambahan

tawas pada proses ozon dalam keadaan yang optimum memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar parameter limbah cair industri gula.

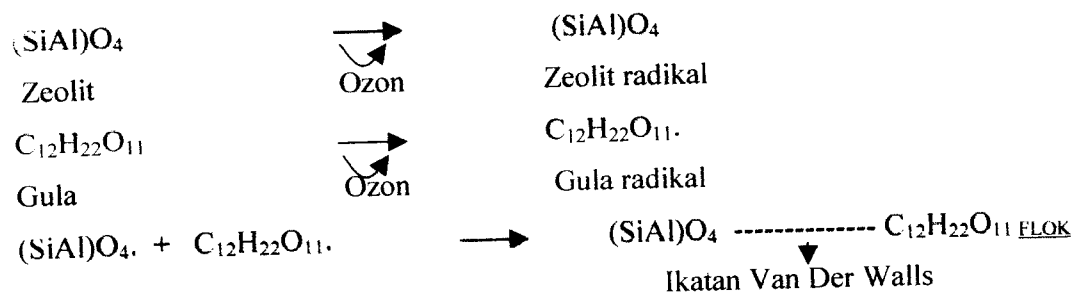
2. Zeolit

Zeolit yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit alam yang sudah diaktifkan secara fisis berupa pemanasan dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga jumlah dan luas permukaan pori-pori bertambah. Pemanasan dilakukan pada suhu 300°C selama 2 jam tetapi sebelumnya direndam dengan larutan HCl 0,1 N. Zeolit yang telah diaktivasi memiliki daya adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit alam tanpa pengolahan atau sebelum diaktivasi. Dari hasil analisa BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H₂S dalam limbah dengan menggunakan zeolit dan ozon, dimana dilakukan variasi terhadap konsentrasi dosis zeolit dan waktu ozonisasi 45 menit yang terlihat dari hasil analisa yang telah dilakukan di laboratorium Universitas Brawijaya adalah sebagai berikut :

a. Untuk BOD dan COD

Dalam analisa tersebut menghasilkan bahwa kadar parameter BOD dan COD yang terdapat pada air limbah gula diketahui untuk limbah kontrolnya nilainya sangat tinggi akan tetapi setelah melalui proses pengolahan limbah menggunakan ozon selama 45 menit dengan penambahan koagulan zeolit kadar pencemar BOD dan COD mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya dosis koagulan zeolit yang dicampurkan dalam proses ozonisasi tersebut, ini menandakan bahwa ozon dapat medegradasi senyawa organik yang terkandung dalam parameter BOD dan COD menjadi flok-flok atau senyawa yang terurai, maka dibutuhkan bahan koagulan yang dapat mengendapkan sehingga ditambahkan zeolit dengan tujuan untuk mengadsorpsi flok-flok tersebut.

Dari proses tersebut diperkirakan reaksi antar ozon dan koagulan tawas dengan limbah yaitu sebagai berikut :



b. Untuk TSS

Dalam pengolahan limbah pabrik gula dengan menggunakan ozonisasi selama 45 menit dengan tujuan untuk mendegradasi senyawa organik menjadi flok-flok dan diadsorpsi oleh koagulan yang ditambahkan dalam proses tersebut sehingga kadar pencemar dapat diturunkan konsentrasinya agar nantinya apabila hasil dari pengolahan air limbah tersebut dapat dibuang ke lingkungan. Dalam pengolahan ini terlihat fenomena bahwa ozonisasi dengan menggunakan zeolit dengan dosis yang telah ditentukan sesuai dengan variabel penelitian dapat menurunkan TSS seiring dengan bertambahnya dosis koagulan zeolit yang dicampurkan dalam proses ozonisasi tersebut, ini menandakan bahwa ozon dapat mendegradasi senyawa organik yang terkandung dalam parameter TSS menjadi flok-flok atau senyawa yang terurai, maka dibutuhkan bahan koagulan yang dapat mengendapkan sehingga ditambahkan zeolit dengan tujuan untuk mengadsorpsi flok-flok tersebut.

c. Untuk Minyak & Lemak

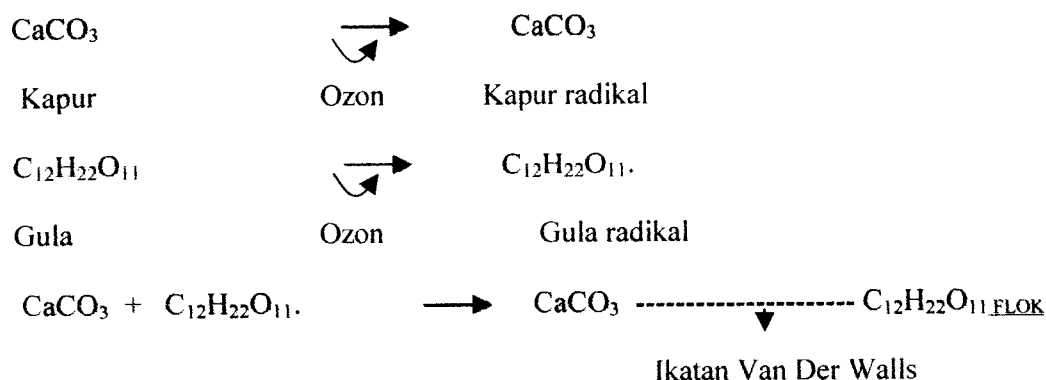
Adanya penurunan kadar parameter pencemar minyak & lemak yang terkandung oleh limbah gula dalam proses ozonisasi selama 45 menit dengan penambahan koagulan zeolit membuktikan bahwa ozon dapat mendegradasi senyawa organik yang dikandung parameter minyak & lemak menjadi terurai sehingga

COD sebesar 84,62 %, TSS sebesar 67,58 %, minyak&lemak sebesar 66,67 %, H₂S sebesar 69,35 %. Dari sini dapat dibuktikan bahwa penambahan zeolit pada ozon dalam keadaan yang optimum memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar parameter limbah cair industri gula.

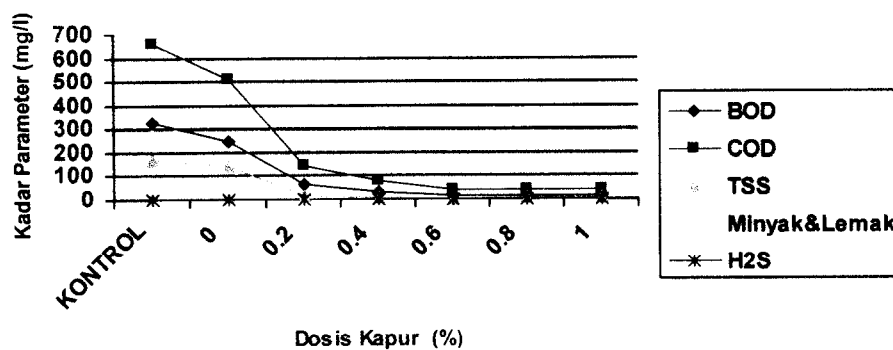
3. Kapur

Kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur alam, dimana kapur yang berupa serbuk dibuat pelet dengan cara diberi tekanan sebesar 2000 ton agar tidak memperbesar kadar TSS. Pelet yang dihasilkan kemudian dihancurkan lagi tetapi dalam bentuk butiran yang halus. Dari hasil analisa BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H₂S dalam limbah dengan menggunakan kapur dan ozon, dimana kapur divariasikan konsentrasinya dan waktu ozonisasi yang tetap 45 menit terlihat adanya penurunan kadar BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H₂S dimana semakin besar konsentrasi kapur, semakin besar pula penurunan kadar BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H₂S dalam limbah. Sehingga dapat diketahui bahwa proses ozonisasi dalam pengolahan limbah cair pabrik gula dapat mendegradasi konsentrasi parameter pencemar.

Dari proses tersebut dapat diperkirakan reaksi antara ozon dan koagulan kapur dengan limbah yaitu sebagai berikut :



Dari hasil gambar 19. menunjukkan bahwa kapur pada konsentrasi tinggi mampu menyerap (mengadsorpsi) senyawa-senyawa organik yang ada dalam limbah, selain itu kapur juga berperan dalam meningkatkan pH air limbah karena ozon akan bekerja optimal pada pH yang tinggi, yaitu antara pH 7.5-8.5 sehingga kadar pencemarannya menjadi menurun. Gambar .19 juga menunjukkan bahwa BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H₂S mengalami penurunan dengan bertambahnya konsentrasi kapur.



Gambar 19. Penurunan kadar BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H₂S pada berbagai variasi konsentrasi kapur.

Hasil perhitungan nilai optimum dengan penambahan koagulan kapur diketahui pada konsentrasi 0,2 % diperoleh presentase penurunan BOD sebesar 64 mg/l, COD sebesar 142 mg/l, TSS sebesar 14 mg/l, minyak & lemak sebesar 0 mg/l dan H₂S sebesar 0 mg/l. Penentuan nilai optimum pada penambahan koagulan kapur pada proses ozonisasi didasarkan pada nilai ekonomisnya pada saat proses pengolahan limbah dengan menggunakan proses ozonisasi dengan penambahan kapur pada skala pabrik. Hasil ini menunjukkan bahwa kapur dan proses ozonisasi mempunyai kemampuan untuk menurunkan parameter BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H₂S.

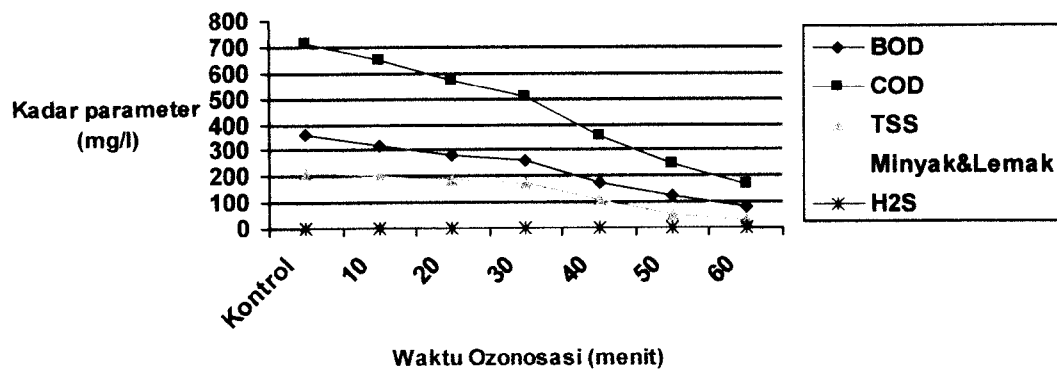
optimum memiliki kemampuan untuk menurunkan parameter pencemar limbah cair industri gula.

4.3 Penentuan Waktu Ozonisasi Optimum Dalam Menurunkan BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak dan H₂S

Penurunan kadar parameter yang terkandung dalam limbah cair pabrik gula yang komposisi limbahnya sebagian besar terdiri dari zat organik disebabkan oleh terjadinya berbagai macam proses reaksi senyawa-senyawa organik dengan ozon (O₃) (Basuki, Kris T, 2003), berbagai macam reaksi yang disebabkan oleh ozon (O₃) dapat dilihat pada hal 15-17 tentang degradasi senyawa-senyawa organik oleh ozon.

Proses reaksi senyawa organik dengan ozon (O₃) yang terjadi menghasilkan Karbon Monoksida (CO) dan air (H₂O), (Basuki, Kris T, 2003, hal ini berdampak berkurangnya proses degradasi senyawa organik secara biologis oleh mikroba. Ozon sendiri akan larut dalam air untuk menghasilkan hidroksil radikal (-OH), sebuah radikal bebas yang memiliki potensial oksidasi yang sangat tinggi (2,8V), jauh melebihi ozon (2,07V) dan chlorine (1,36V). Hidroksil radikal adalah bahan oksidator yang dapat mengoksidasi berbagai senyawa organik.

Dalam perlakuan ini bahwa pH limbah dikonstankan menjadi pH>8 dengan tujuan bahwa ozon dapat bekerja optimal pada pH yang tinggi, dan kemudian dilakukan proses ozonisasi dengan variasi waktu ozonisasi dari 10 menit sampai 60 menit. Sehingga hasil dari perlakuan ini dapat terlihat pada grafik dibawah ini.

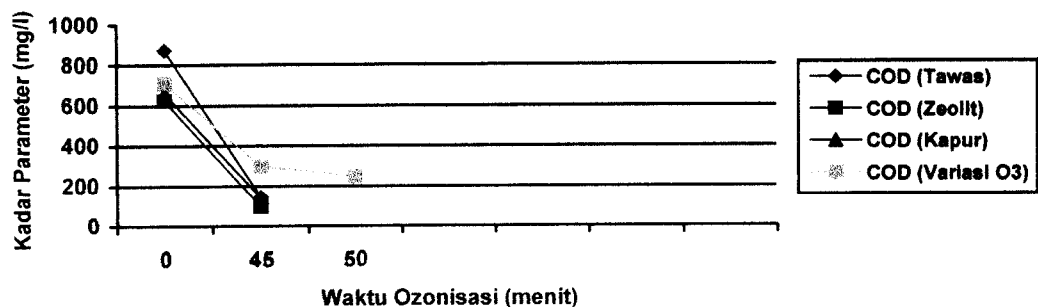


Gambar 20. Penurunan Kadar Parameter

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa proses ozonisasi dengan mengkonstantakan nilai pH limbah sesuai dengan kinerja optimal alat ozonizer dengan berbagai variasi waktu ozonisasi diketahui dapat menurunkan kadar parameter pencemar BOD, COD, TSS, minyak & lemak dan H₂S pada limbah gula dengan cara mendegradasi senyawa-senyawa organik yang terkandung pada parameter pencemar pada limbah pabrik gula, sehingga kadar pencemarnya menurun. Semakin lama proses ozonisasi yang dilakukan maka hasil dari penurunan parameter pencemar yaitu BOD, COD, TSS, minyak & Lemak serta H₂S pada limbah gula akan semakin bagus dan akan sesuai dengan nilai baku mutu limbah gula. Akan tetapi dalam skala besar atau industri bila nantinya proses ozonisasi diterapkan, maka semakin lama psoses ozonisasi dilihat dari segi ekonomis maka dapat menyebabkan pembekakan biaya operasional dalam menjalankan alat ozonizer. Terlihat penurunan pada waktu ozonisasi selama 60 menit atau waktu yang paling lama diketahui penurunan kadar parameter pencemar adalah sebagai berikut : BOD sebesar 80 mg/l, COD sebesar 168 mg/l, TSS sebesar 26 mg/l, minyak & lemak sebesar 0mg/l dan H₂S sebesar 0 mg/l.

Diketahui semakin lama waktu ozonisasi pada proses pengolahan limbah, maka semakin optimum nilai parameter yang dapat diturunkan dalam variasi waktu ozonisasi ini terlihat bahwa waktu yang paling lama dilakukan yaitu pada waktu 60 menit, sehingga diketahui efisiensi penurunan kadar pencemar yang terdapat pada limbah pabrik gula untuk parameter BOD sebesar 75%, COD sebesar 76,34%, TSS sebesar 87,5%, minyak & lemak sebesar 100%, dan untuk H₂S sebesar 100 %.

4.4 Perbandingan Nilai Efektifitas Ozon Dalam Menurunkan Konsentrasi Parameter COD Pada Limbah Yang Ditambah Senyawa Koagulan.



Gambar 21 : Perbandingan Nilai Efektifitas Ozon

Dalam gambar diatas terlihat penurunan konsentrasi parameter COD pada proses ozonisasi dengan penambahan senyawa koagulan mengalami penurunan yang signifikan dibanding dengan proses ozonisasi pada variasi waktu Ozon. Pada waktu ozonisasi 45 menit dengan penambahan senyawa koagulan mampu menurunkan konsentrasi parameter COD dengan nilai sebagai berikut : untuk penambahan senyawa koagulan Tawas :dari 873 mg/l menjadi 145 mg/l, Zeolit dari 624 mg/l menjadi 96 mg/l, kapur dari 660 mg/l menjadi 142 mg/l. Sehingga dari nilai penurunan konsentrasi diatas proses ozonisasi dengan penambahan senyawa tawas mampu menurunkan konsentrasi COD sebesar 728 mg/l, penambahan zeolit dapat menurunkan 528 mg/l, kapur mampu menurunkan 518 mg/l. Penurunan ini diakibatkan dari proses ozonisasi yang mampu mendegradasi ataupun terjadinya

radikal pada parameter COD yang terurai menjadi flok-flok, fungsi dari senyawa koagulan adalah mengadsorpsi senyawa radikal dan/atau hasil degradasi sehingga terjadi makroflok dari parameter COD dan senyawa koagulan yang terendapkan. Sedangkan pada proses ozonisasi yang hanya mevariasikan waktu ozon tanpa menambahkan senyawa koagulan pada proses ozonisasi limbah gula juga dapat atau mampu mendegradasi konsentrasi parameter COD dengan nilai sebagai berikut : dari 710 mg/l menjadi 298 mg/l, dari penurunan konsentrasi COD pada variasi ozon pada waktu 45 menit mampu menurunkan konsentrasi parameter COD sebesar 412 mg/l. Sehingga dapat dilihat dari nilai penurunan konsentarsi COD pada proses ozonisasi dengan menambahkan senyawa koagulan Zeolit lebih optimal atau efektif dalam menurunkan konsentrasi parameter COD. Hal diatas menunjukkan bahwa peran ozonisasi murni belum optimal tanpa adanya penambahan senyawa-senyawa koagulan seperti tersebut diatas, dimana nilai efisiensi dengan ozonisasi murni adalah 58,03 %, sedangkan dengan menambahkan senyawa koagulan Zeolit pada dosis 0.8% adalah sebesar 84,62 %. Hal ini menunjukkan bahwa peran senyawa koagulan dapat meningkatkan nilai efisiensi proses ozonisasi dalam menurunkan konsentrasi parameter COD sebesar 25,36 %.

BAB V

RENCANA PEREKAYASAAN

Perekayasaan yang dimaksud dibawah ini adalah, pembuatan rencana induk apabila teknologi ozonisasi akan diterapkan sebagai pelengkap unit instalasi konvensional yang masih dipakai sampai sekarang, perekayasaan tidak akan mendetail akan tetapi lebih dititik beratkan redesain unit instalasi yaitu melengkapi fungsi unit instalasi konvensional untuk dijadikan sebagai unit pendukung pada teknologi ozonisasi. Perekayasaan unit instalasi hanya sebatas perhitungan dimensi.

Redesain yang dilakukan dengan cara memanfaatkan bangunan yang sudah ada sehingga secara ekonomis akan menekan biaya pembangunan.

5.1. Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Gula PTPN X, Kediri.

Instalasi Pengolahan limbah Pabrik Gula PTPN X, terdiri dari :

1. Bak Pengendapan Awal

Bak Pengendapan Awal adalah bak pendiaman sebagai tempat pengendapan limbah yang berasal dari proses produksi (inlet). Tujuannya agar limbah setelah dibubuhkan koagulan yaitu kapur dapat menstabilkan pH air limbah yang sangat rendah yaitu sekitar 3-4 menjadi pH stabil 7,0-8,0. Bak pengendapan awal mempunyai panjang 25 meter, lebar 5 meter dan kedalaman bak 2,35 meter, luas 125 m², volume 293,75 m³.

2. Bak Pendinginan

Bak pendingin adalah bak yang berfungsi untuk menurunkan suhu air limbah yang dibuang ke instalasi pengolahan limbah setelah proses produksi, yang memiliki

ukuran dimensi antara lain yaitu panjang 70 meter, lebar 25 meter dan kedalaman 1,5 meter, luas 1750 m^2 , volume $1687,5 \text{ m}^3$.

3. Bak Aerasi I, II, III, dan IV.

Bak aerasi adalah bak yang bersisi lumpur aktif yang diaerasi secara terus menerus sehingga perkembangan mikroorganisme diharapkan semakin cepat sehingga akan dapat membantu dalam proses perombakan bahan organik. Keempat bak aerasi ini memiliki panjang yang sama yaitu 75 meter.

Bak aerasi I : lebar 15 meter dan kedalaman 1,5 meter, luas 1125 m^2 , volume $1687,5 \text{ m}^3$.

Bak aerasi II : lebar 10 meter dan kedalaman 1,5 meter, luas 750 m^2 , volume 1125 m^3 .

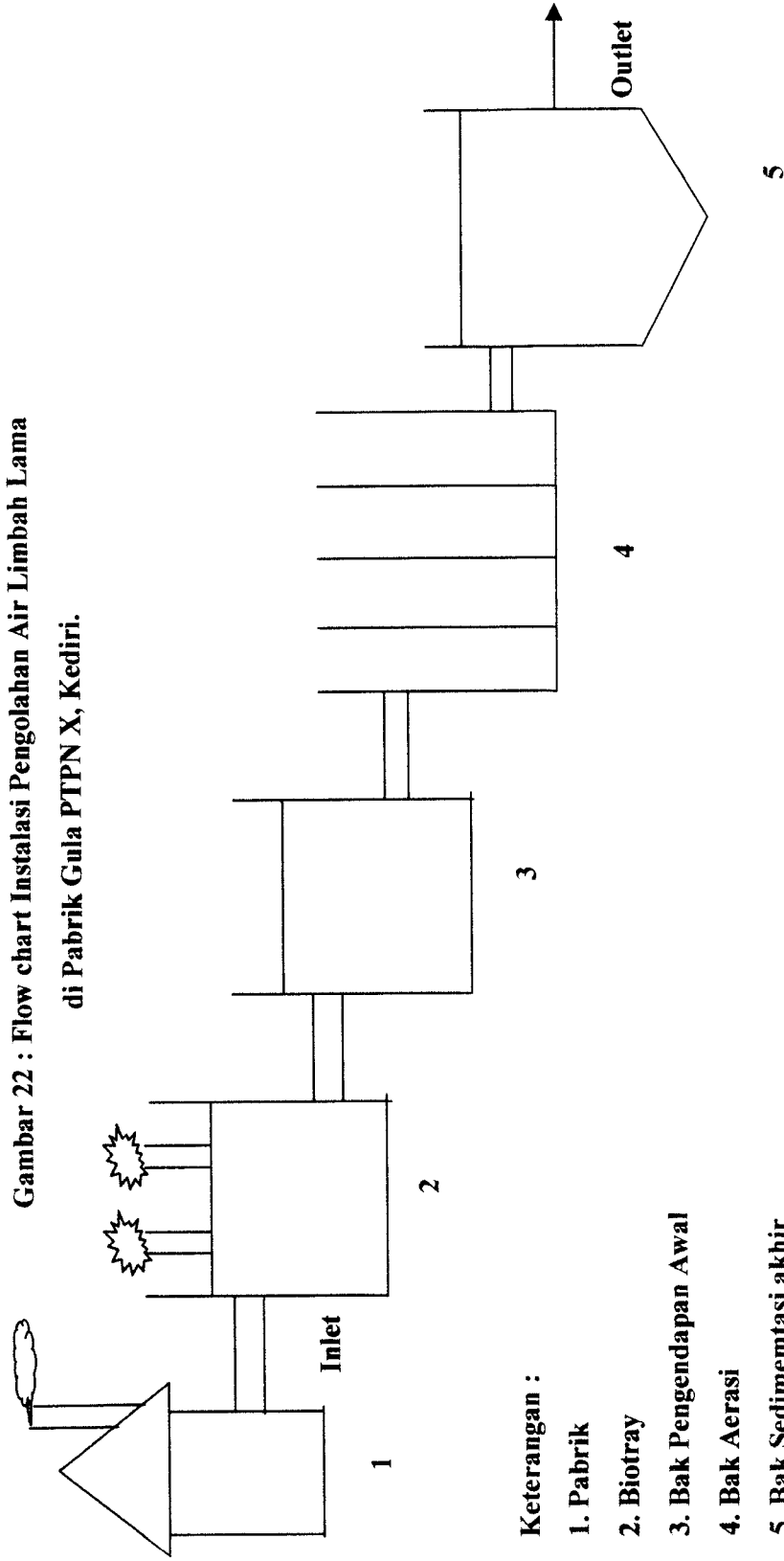
Bak aerasi III :lebar 15 meter dan kedalaman 2,5 meter, luas 1125 m^2 , volume $2812,5 \text{ m}^3$.

Bak aerasi IV :lebar 7 meter dan kedalaman 1,5 meter, luas 525 m^2 , volume $787,5 \text{ m}^3$.

4. Bak sedimentasi Akhir

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 akhir adalah panjang 75 meter, lebar 8,5 meter dengan kedalaman 1,5 meter, luas $637,5 \text{ m}^2$, volume $956,25 \text{ m}^3$.

**Gambar 22 : Flow chart Instalasi Pengolahan Air Limbah Lama
di Pabrik Gula PTPN X, Kediri.**



Keterangan :

- 1. Pabrik**
- 2. Biotray**
- 3. Bak Pengendapan Awal**
- 4. Bak Aerasi**
- 5. Bak Sedimentasi akhir**

Data Perencanaan

Data Skala Laboratorium :

Volume Limbah = 1000 ml atau 1 liter

Konsentrasi Ozon = 0,9 mg/detik, dengan daya ozonizer 100 watt

Waktu Ozonisasi = 0 menit, 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, 60 menit.

Data Lapangan

Debit limbah yang dihasilkan = 16.700 m³/jam

Kapasitas Bak Pengendapan Awal = 293,75 m³

Kapasitas Bak Pendinginan = 2625 m³

Kapasitas Tangki Aerasi I = 1687,5 m³

II = 1125 m³

III = 2812,5 m³

IV = 787,5 m³

Kapasitas bak sedimentasi Akhir = 956,25 m³

Kapasitas pengolahan air limbah maksimum = 2000 m³/hari

Sistem pengolahan menggunakan lumpur aktif

5.2. Rencana Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Gula PTPN X, Kediri.

A. Rencana Pengolahan

Perencanaan unit instalasi ini diasumsikan bahwa proses pengolahan akan berlangsung terus menerus atau *Continue*. Adapun bangunan instalasi yang direncanakan adalah :

1. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi ini dibuat atau digunakan untuk menggantikan bak pengendapan awal yang secara teknis hanya digunakan untuk menampung limbah sementara dan juga difungsikan juga untuk menurunkan suhu air limbah dari inlet, direncanakan berbentuk persegi panjang.

Perekayasaan :

Volume limbah pada bak ekualisasi = $293,75 \text{ m}^3$

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

Jadi dapat dihitung :

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

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah yang dikeluarkan} &= 695,85 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 16.700 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 695.850 \text{ liter/hari} \\ &= 28.993,75 \text{ liter/jam} \\ &= 483,23 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

Diketahui dari data lapangan :

- Kapasitas pengolahan maksimum = $2000 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Volume limbah pengendapan awal = $293,75 \text{ m}^3$

Diketahui dari data lapangan dimensi unit pengendapan awal yang digunakan untuk bak ekualisasi :

Panjang Bak	= 25 meter
Lebar Bak	= 5 meter
Kedalaman Bak	= 2,35 meter
Luas	= 125 m^2

$$\text{Volume} = 293,75 \text{ m}^3$$

Diketahui dari data lapangan dimensi unit kolam pendinginan :

$$\text{Panjang bak} = 70 \text{ meter}$$

$$\text{Lebar Bak} = 25 \text{ meter}$$

$$\text{Kedalaman bak} = 1,5 \text{ meter}$$

$$\text{Luas} = 1750 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume} = 2625 \text{ m}^3$$

2. Generator Ozonisasi

Generator ozonisasi ini dibuat untuk melengkapi fungsi bak aerasi, adapun jumlah bak aerasi yaitu empat, dan generator ozonisasi yang diredesain sebagai pelengkap fungsi bak aerasi I, II, III dan IV

Perhitungan :

Bak aerasi I, II, III, dan IV persegi panjang dengan ukuran dimensi

Bak aerasi I : panjang 75 m, lebar 15 m, kedalaman 1,5 m, luas 1125 m^2 , volume $1687,5 \text{ m}^3$.

Bak Aerasi II : panjang 75 m, lebar 10 m, kedalaman 1,5 m, luas 750 m^2 , volume 1125 m^3 .

Bak Aerasi III : panjang 75, lebar 15m, kedalaman 2,5 m, luas 1125 m^2 , volume $2812,5 \text{ m}^3$.

Bak Aerasi IV : panjang 75 m, lebar 7 m, kedalaman 1,5 m, luas 525 m^2 , volume $787,5 \text{ m}^3$.

Perekayasaan :

Diketahui dari data lapangan :

- Volume Limbah yang dapat ditampung :

Bak Aerasi I = $1687,5 \text{ m}^3$

Bak Aerasai II = 1125 m^3

Bak Aerasi III = $2812,5 \text{ m}^3$

Bak Aerasi IV = $787,5 \text{ m}^3$

- Volume total Bak Aerasi = $6412,5 \text{ m}^3$
- Kapasitas Pengolahan Maksimum adalah $2000 \text{ m}^3/\text{hari}$

3. Bak Sedimentsi akhir

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

Diketahui dari data lapangan bahwa :

- Kapasitas Bak sedimentasi akhir adalah : $956,25 \text{ m}^3$
- panjang bak 75 meter
- Kedalaman bak 8,5 meter
- Luas $637,5 \text{ m}^2$

4. Perhitungan Kebutuhan Ozon

Untuk didapatkan hasil yang optimal dalam proses pengolahan diperlukan jumlah ozon yang memadai, oleh karena itu kebutuhan jumlah ozon sangat perlu diperhitungkan :

Dari data penelitian

- Konsentrasi ozon $0,9 \text{ mg/dt}$
- Daya generator ozon 100 watt
- Volume limbah yang di ozon 1 liter = 1000 ml

Dipilih waktu ozonisasi 45 menit dengan penambahan koagulan kapur dengan dosis 0.2%, karena diketahui bahwa dalam waktu ozonisasi dapat dihasilkan efisiensi

penurunan BOD 80,25%, COD 74,48 %, TSS 91,76%, minyak&lemak sebesar 100%, dan H₂S sebesar 100%. Sehingga diharapkan dengan empat kali waktu pengozonan selama 45 menit dapat dihasilkan penurunan yang lebih optimal lagi.

Diketahui data penelitian :

- Dalam data penelitian konsentrasi ozon 0,9 mg/detik = 54 mg/menit
- Volume limbah yang di ozon adalah 1000 ml = 1 liter

Data Lapangan :

- Volume limbah yang dihasilkan = 483,23 liter/menit

Maka kebutuhan ozon untuk proses ozonisasi dapat dihitung :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan ozon} &= \text{volume limbah awal industri} : \text{volume limbah penelitian} \times \\
 &\quad \text{konsentrasi ozon.} \\
 &= 483,23 \text{ liter/menit} : 1 \text{ liter} \times 54 \text{ mg/menit.} \\
 &= 26.094,42 \text{ mg/menit} \\
 &= 434,907 \text{ mg/detik}
 \end{aligned}$$

- Jika 100 watt ozonizer dapat menghasilkan ozon 0,9 mg/detik

Dari perhitungan laboratorium plasma, diketahui bahwa ozonizer yang memiliki daya 100 watt dapat menghasilkan 0,9 mg/detik

Dapat diasumsikan bahwa bahwa 1000 watt ozonizer akan menghasilkan ozon sebesar 9 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 = 434,907 mg/detik

$$\frac{434,907 \text{ mg / detik}}{9 \text{ mg / detik}} = 48,323 \approx 48 \text{ buah}$$

- Kebutuhan daya listrik dalam 1 hari :

$$48 \text{ buah} \times 1000 \text{ watt} \times 0,75 \text{ jam} = 36.000 \text{ watt}$$

$$36.000 \text{ watt} \times 18 \text{ jam} = 648.000 \text{ watt}$$

$$= 64,8 \text{ Kwh}$$

- Biaya yang diperlukan untuk pengolahan limbah yaitu :

Diasumsikan harga pemakaian listrik Per Kwh adalah Rp. 250,-

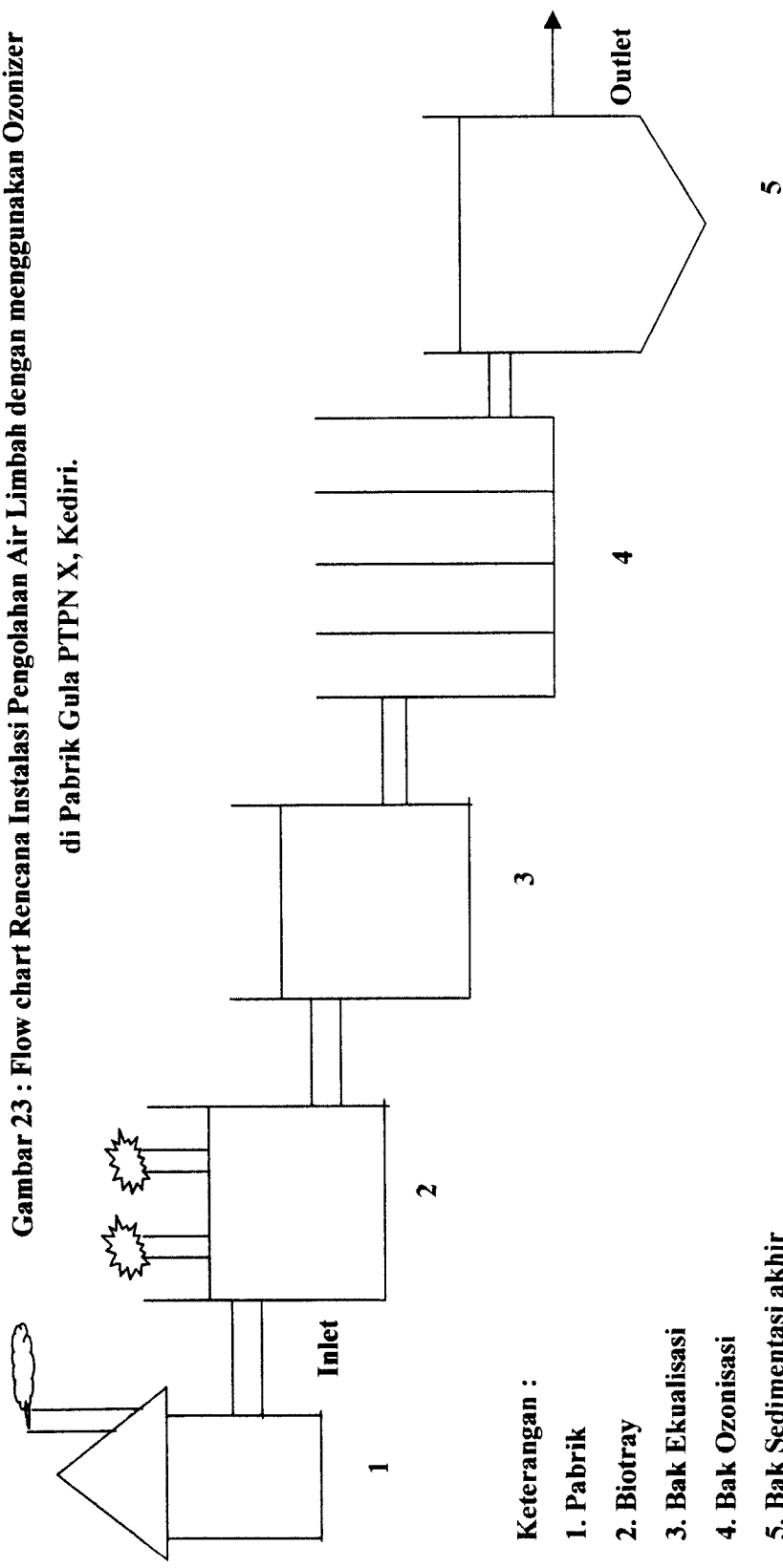
$$\text{Ozonisasi selama 45 menit} = \text{Rp. } 187,5\text{-} \times 64,8 \text{ Kwh} = \text{Rp. } 12.150\text{-}$$

$$\text{Ozonisasi selama 1 hari} = 18 \text{ jam} \times \text{Rp. } 12.150 = \text{Rp } 218.700\text{-}$$

- Biaya untuk 1 bulan dengan asumsi 30 hari adalah :

$$\text{Rp. } 218.700 \times 30 \text{ hari} = \text{Rp. } 6.561.000,00$$

Gambar 23 : Flow chart Rencana Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan menggunakan Ozonizer di Pabrik Gula PTPN X, Kediri.



Keterangan :

- 1. Pabrik**
- 2. Biotray**
- 3. Bak Ekuualisasi**
- 4. Bak Ozonisasi**
- 5. Bak Sedimentasi akhir**

Dari perhitungan biaya operasional pengolahan limbah cair pabrik gula dengan menggunakan alat ozonizer, maka dapat diketahui perbandingan dari segi ekonomis pengolahan limbah proses lama dengan proses ozonisasi adalah sebagai berikut :

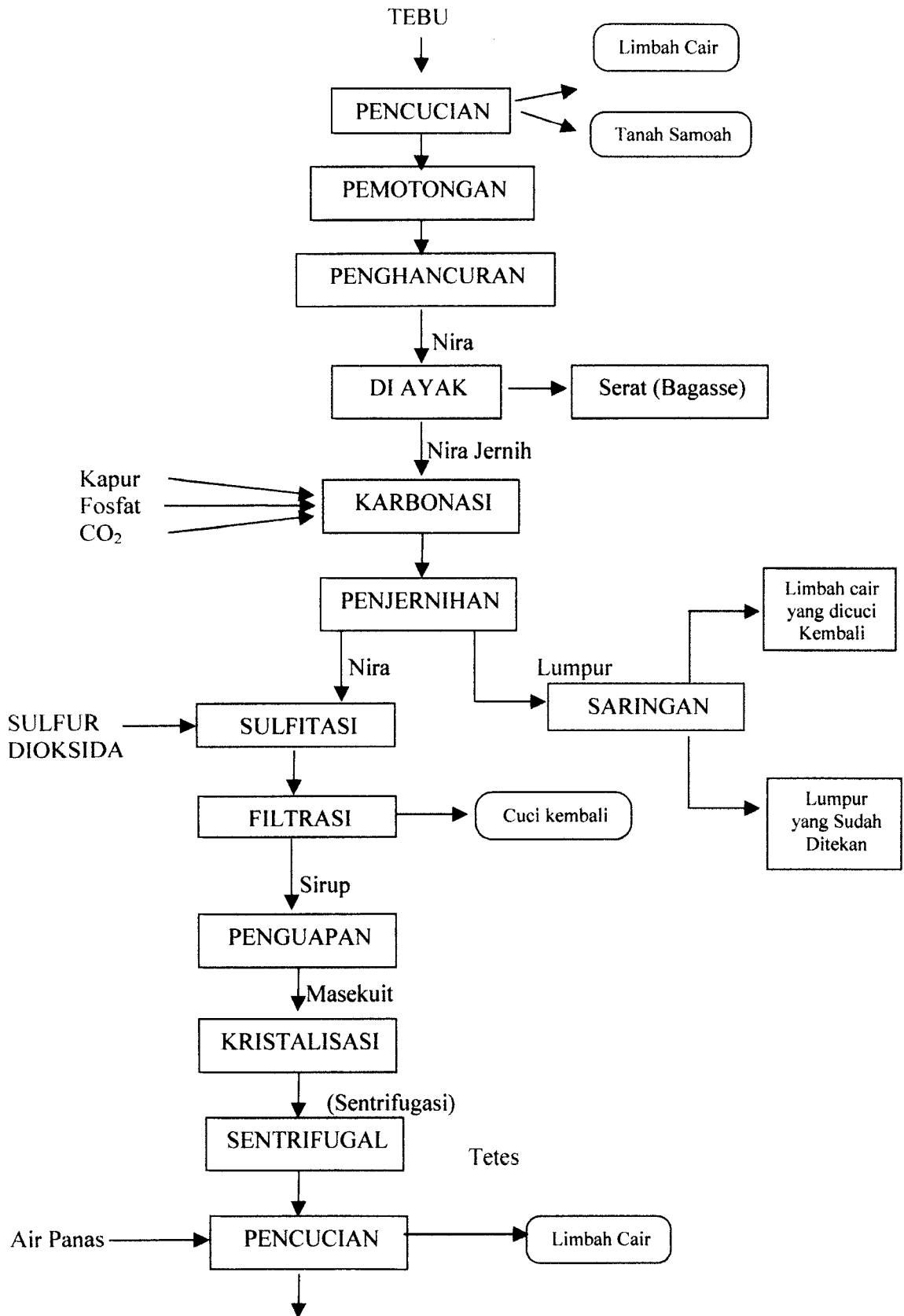
Tabel 11 : Perbandingan Biaya Operasional Pengolahan Limbah Proses lama dengan Proses Ozonisasi

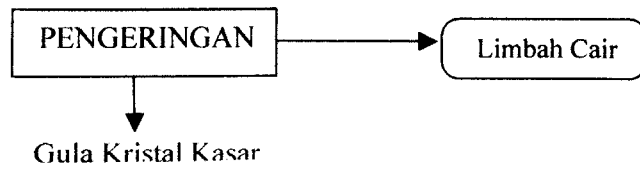
Kebutuhan yg Diperlukan	Proses lama (Rp)	Proses Ozonisasi (Rp)
Pegawai	2.000.000	2.000.000
Listrik	12.000.000	6.500.000
Koagulan Kapur	100.000	500.000
Jumlah	14.100.000	9.000.000

Dari tabel 11. perbandingan biaya operasional pengolahan limbah proses lama dengan proses ozonisasi, dapat dilihat biaya operasional yang dikeluarkan pada proses pengolahan limbah dan dari segi mutu air limbah setelah proses pengolahan akan lebih ekonomis menggunakan ozonisasi dibandingkan dengan proses lama. Pengolahan limbah cair dengan proses ozonisasi hasil pengolahannya lebih memenuhi ambang baku mutu limbah cair pabrik gula dibandingkan proses pengolahan limbah dengan proses aerasi (lama).

DAFTAR PUSTAKA

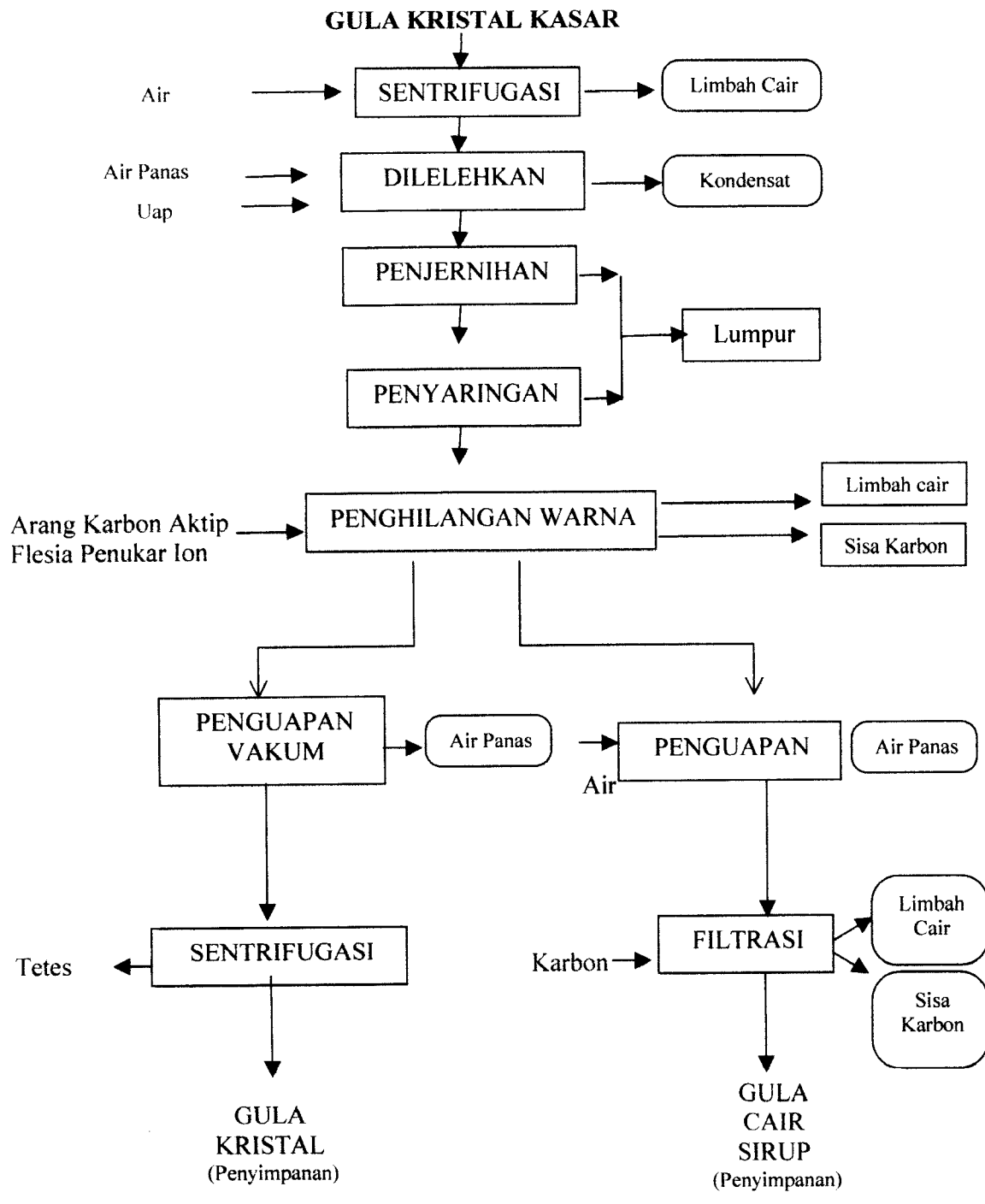
- Achmad, H, 1992. "*Kimia unsur dan radiokimia*", UI Press, Jakarta.
- Alaerts dan Simestri, 1984. "*Metode Penelitian Air*", Usaha Nasional, Surabaya.
- Anonim, 2005. [http://: www.ozonet.com](http://www.ozonet.com).
- Anonim, 2005. [http://:www.H2O2.com](http://www.H2O2.com)// INTRODUCTION TO HYDROGEN PEROXIDE, environmental application overview.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (BAPEDALDA), 2003. Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta, Nomor:281/KPTS/1998, tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Jogjakarta.
- Baldur Elliason, et.al, April 1999. *Modeling And application of Silent Discharge Plasma, IEEE, Transaction On Plasma Scien*, Vol. 19, No. 2.
- Basic Information On Ozon, Februari 1999. *A Service From The Canadian Center For Accuptional Health and Safety (CCOHS)*.
- Chotib, 1990, *Diktat Pengolahan air Buangan, Institut Teknologi Bandung*, Bandung.
- Indonesia. Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, 1991. *Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Nomor:KEP/03/MENKLH/I/1991*, tentang Baku Mutu Limbah Cair, Jakarta; Sekretarat MenKLH.
- K. Patel, et.al, 2001. *What Is Ozone ?*, Ozone Limited, 30 London Road, Madras 600010, India.
- Mochtar, H.M, 1985. Characterization of polysacarida of Indonesia Sugar Factory Products, Berita No. 2BP3G, Pasuruan.
- Petrucci, Ralph and Suminar, 1999. "*Kimia Dasar*", Erlangga, Jakarta.
- Potter Clifton, dkk, 1994. *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia, Sumber, Pengendalian dan Baku Mutu.*, Environmental Management Development in Indonesia. Jakarta.
- Sugiharto, 1987. *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Jakarta Pers.
- Tebbut, dkk, Desember 1990. *Prinsip Pengendalian Kualitas Air (Principles of Water Quality Control)*, Kalshure, FR German.
- Tjokrokusumo, 1995. *Pengantar Konsep Teknologi Bersih Khusus Pengelolaan dan Pengolahan Air*, STTL 'YLH" Yogyakarta.





Gambar 1.2 : Proses Produksi Gula

Keterangan
Bahan Baku
Bahan Baku
Limbah Cair

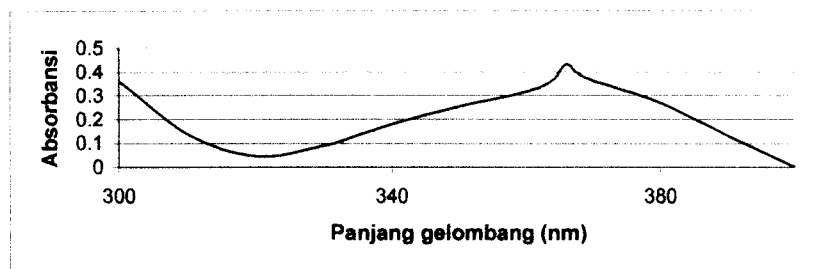


Keterangan
Bahan Baku
Bahan Baku
Limbah Cair

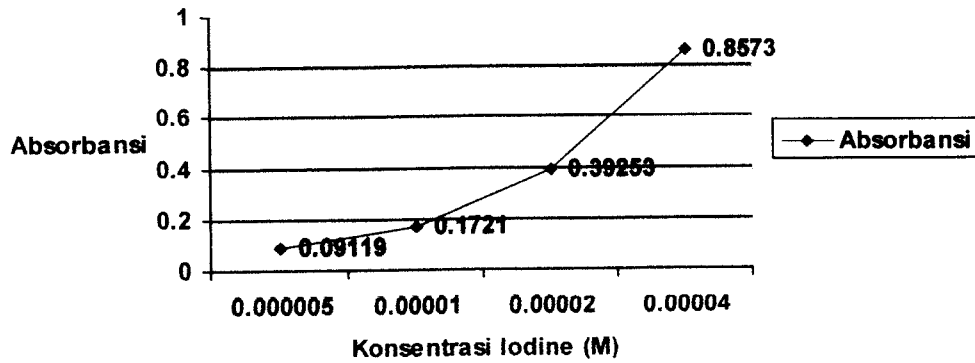
Gambar 1.3: Proses Pemurnian Gula

LAMPIRAN II :**DATA-DATA PENELITIAN**1. **PERHITUNGAN JUMLAH OZON**Tabel 1.1 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

**Gambar 2.1:** Spektrum Absorbansi I₂Tabel 1.2. Data Absorbansi pada berbagai Variasi Konsentrasi I₂

No	Konsentrasi I ₂ (M)	Absorbansi
1	0,000005	0,09119
2	0,00001	0,17210
3	0,00002	0,39253
4	0,00004	0,8573

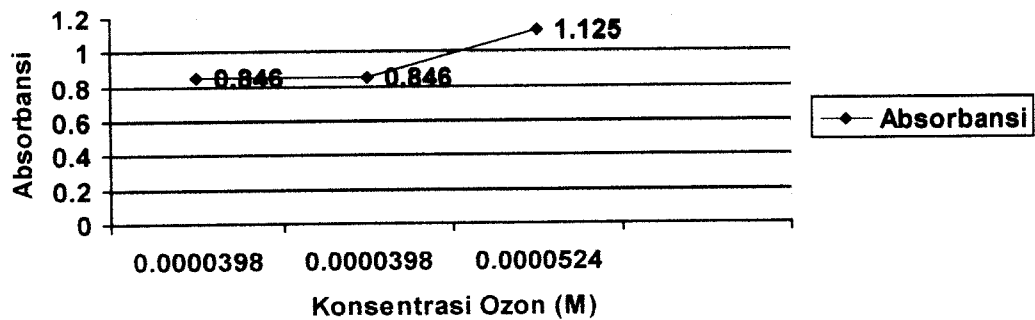


Gambar 2.2 :Kurva Absorbansi pada Variasi Konsentrasi I₂

Tabel 1.3. Jumlah ozon pada berbagai Variasi Waktu Ozonosasi dengan panjang gelombang $\lambda = 366$ nm pada volume buffer = 100 ml.

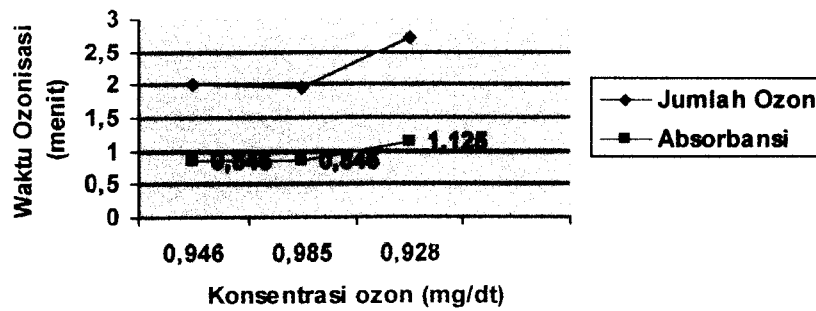
No	Waktu (detik)	Absorbansi	Konsentrasi Ozon (M)	Konsentrasi ozon (mg/detik)
1	2,02	0,846	$3,98 \times 10^{-5}$	0,946
2	1,94	0,846	$3,98 \times 10^{-5}$	0,985
3	2,71	1,125	$5,24 \times 10^{-5}$	0,928

$$Y = 22189,23 X - 0.0377756$$



Gambar 2.3 : Kurva Kalibrasi Larutan Standart I₂

Grafik perhitungan jumlah ozon



Gambar 2.4 : Perhitungan Jumlah Ozon

A. Perhitungan Konsentrasi Ozon per detik :

Persamaan Regresi Linier : $Y = 22189,23X - 0,0377756$
 dimana : Y ; Absorbansi
 : X ; Konsentrasi Iodida

1. Waktu Ozonisasi 2,02 detik (Y = 0,864)

$$X = \frac{0,846 + 0,0377756}{22189,23} = 3,98 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat O}_3 &= 3,98 \times 10^{-5} \text{ M} / 2,02 \text{ dt} \times 48 \text{ gr} / \text{mol} \\ &= 1,9104 \times 10^{-3} \text{ gr} / 2,02 \text{ dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah O}_3 \text{ per detik} &= \frac{1,9104 \times 10^{-3} \text{ gr}}{2,02 \text{ dt}} = 9,46 \times 10^{-4} \text{ gr} / \text{dt} \\ &= 9,46 \times 10^{-4} \text{ gr} / \text{dt} \times 1000 \text{ mg} / \text{gr} \\ &= 0,946 \text{ mg} / \text{dt} \end{aligned}$$

2. Waktu Ozonisasi 1,94 detik (Y = 0,846)

$$X = \frac{0,846 + 0,0377756}{22189,23} = 3,98 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat O}_3 &= 3,98 \times 10^{-5} \text{ M} / 1,94 \text{ dt} \times 48 \text{ gr} / \text{mol} \\ &= 1,9104 \times 10^{-3} \text{ gr} / 1,94 \text{ dt} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah O}_3 \text{ per detik} = \frac{1,9104 \times 10^{-3} \text{ gr}}{1,94 \text{ dt}} = 9,85 \times 10^{-4}$$

$$= 9,85 \times 10^{-4} \text{ gr/dt} \times 1000 \text{ mg/dt}$$

$$= 0,985 \text{ mg/dt}$$

3. Waktu Ozonisasi 2,71 detik ($Y = 1,125$)

$$X = \frac{1,125 + 0,0377756}{22189,23} = 5,24 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{Berat O}_3 = 5,24 \times 10^{-5} \text{ M} / 2,71 \text{ dt} \times 48 \text{ gr / mol}$$

$$= 2,5152 \times 10^{-3} \text{ gr} / 1,94 \text{ dt}$$

$$\text{Jumlah O}_3 \text{ per detik} = \frac{2,5152 \times 10^{-3} \text{ gr}}{2,71 \text{ dt}} = 9,28 \times 10^{-4}$$

$$= 9,28 \times 10^{-4} \text{ gr/dt} \times 1000 \text{ mg/dt}$$

$$= 0,928 \text{ mg/dt}$$

$$4. \text{ Rata -Rata Jumlah O}_3 \text{ per detik} = \frac{0,946 \text{ mg/dt} + 0,985 \text{ mg/dt} + 0,928 \text{ mg/dt}}{3}$$

$$= 0,953 \text{ mg/dt}$$

B. Perhitungan Dosis Koagulan

Diketahui : $V = 1000 \text{ ml}$

$$M1 = 1,303 \text{ Kg}$$

$$M2 = 0,301 \text{ Kg}$$

Dimana :

$V = \text{Volume Limbah}$

$M1 = \text{Berat Limbah dlm wadah}$

$M2 = \text{Berat wadah}$

$$\text{Berat Bersih limbah} = M1 - M2$$

$$= 1,303 - 0,301$$

$$= 1,002 \text{ Kg}$$

$$= 1 \text{ Kg}$$

Berat Dosis Koagulan

a. Dosis 0,2 %

$$\frac{0,2}{100} \times 1 \text{ Kg} = 2 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$

$$= 2 \text{ gram}$$

b. Dosis 0,4 %

$$\frac{0,4}{100} \times 1 \text{ Kg} = 4 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$
$$= 4 \text{ gram}$$

c. Dosis 0,6 %

$$\frac{0,6}{100} \times 1 \text{ Kg} = 6 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$
$$= 6 \text{ gram}$$

d. Dosis 0,8 %

$$\frac{0,8}{100} \times 1 \text{ Kg} = 8 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$
$$= 8 \text{ gram}$$

e. Dosis 1 %

$$\frac{1}{100} \times 1 \text{ Kg} = 1 \times 10^{-2} \text{ Kg}$$
$$= 10 \text{ gram}$$

f. Dosis 1,2 %

$$\frac{1,2}{100} \times 1 \text{ Kg} = 1,2 \times 10^{-2} \text{ Kg}$$
$$= 12 \text{ gram}$$

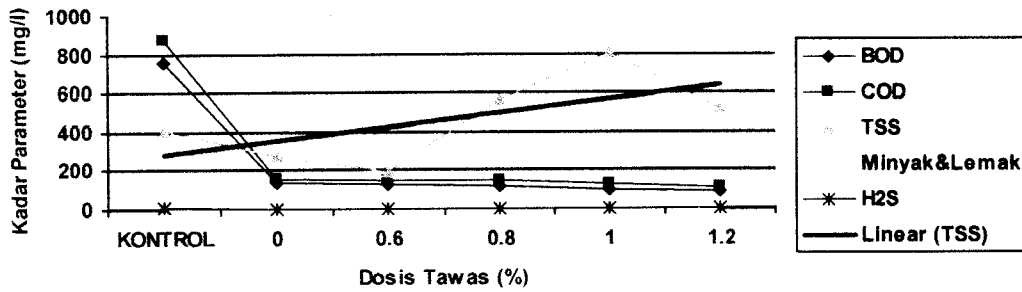
LAMPIRAN 3.

TABEL HASIL PENGUJIAN BOD,COD,TSS,MINYAK,LEMAK DAN H₂S
Perlakuan I. Limbah + Tawas + O₃ 45 Menit

Tabel 1.4 Nilai BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Tawas dengan Waktu Ozonisasi 45 Menit.

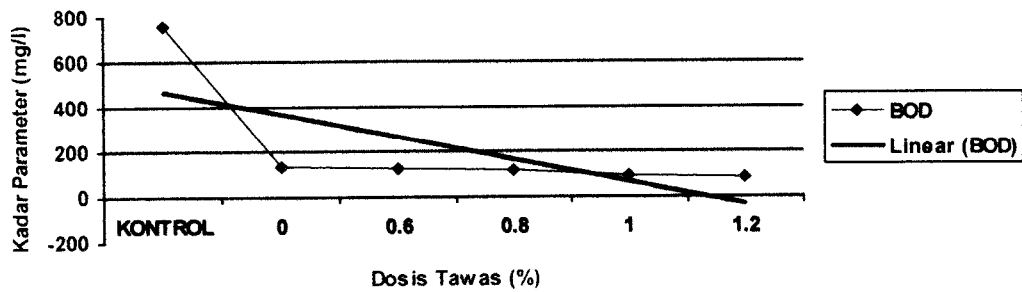
NO	Dosis Tawas	Pengujian Parameter Limbah				
	(%)	(mg/l)				
		BOD	COD	TSS	Minyak & Lemak	H ₂ S
1.	Kontrol	756	873	406	0,13	8,59
2.	0	137	160	272	0,044	2,69
3.	0,6	125	145	194	0,038	2,75
4.	0,8	115	145	562	0,032	2,24
5.	1	95	125	804	0,04	2,16
6.	1,2	85	105	514	0,036	2,04

Grafik Penurunan Parameter Limbah



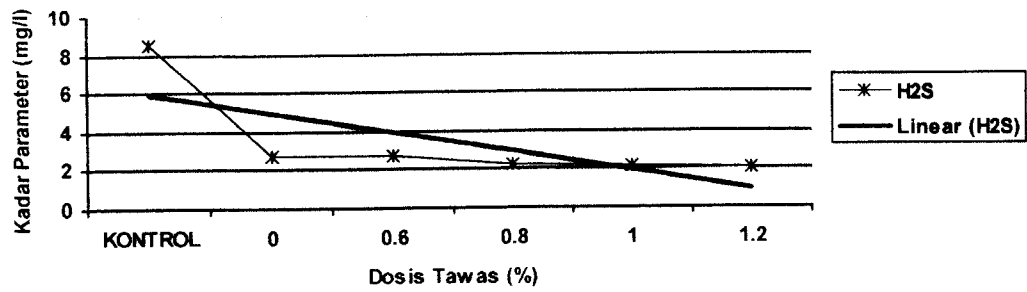
Gambar 3.1 : Penurunan Parameter Limbah

Grafik Penurunan Kadar BOD Limbah I



Gambar 3.2 : Penurunan Kadar BOD Limbah I

Grafik Penurunan Kadar H₂S Limbah I



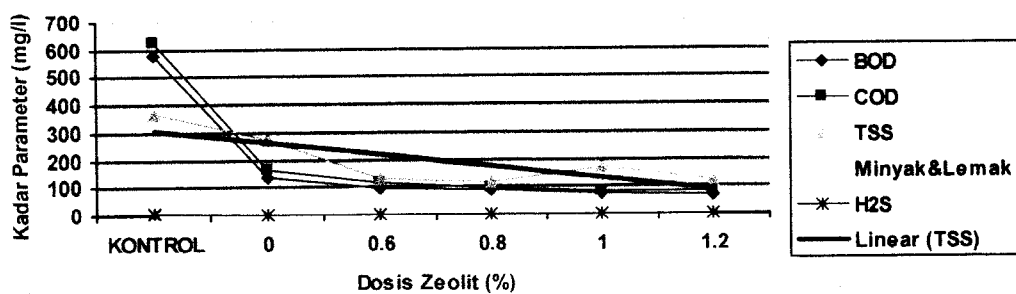
Gambar 3.6 : Penurunan Kadar H₂S Limbah I

Perlakuan II. Limbah + Zeolit + O₃ 45 Menit

Tabel 1.5. Nilai BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Zeolit dengan Waktu Ozonisasi 45 Menit.

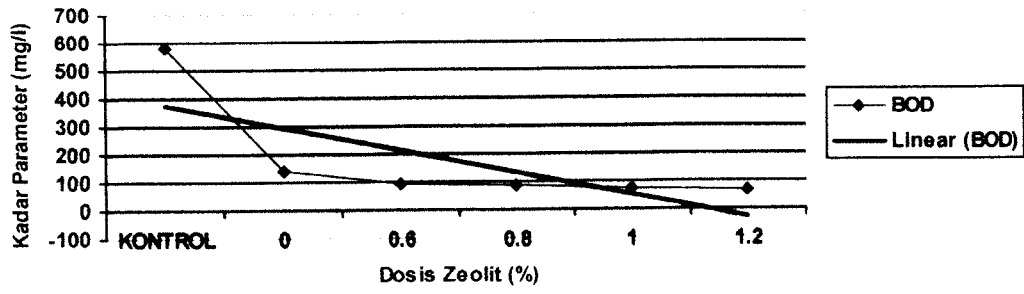
NO	Dosis Zeolit (%)	Pengujian Parameter Limbah (mg/l)				
		BOD	COD	TSS	Minyak & Lemak	H ₂ S
		1.	Kontrol	581	624	364
2.	0	137	160	272	0,044	2,69
3.	0,6	92	115	130	0,028	1,87
4.	0,8	85	96	118	0,032	2,06
5.	1	73	84	172	0,024	2,3
6.	1,2	65	80	124	0,024	1,68

Grafik Penurunan Parameter Limbah II



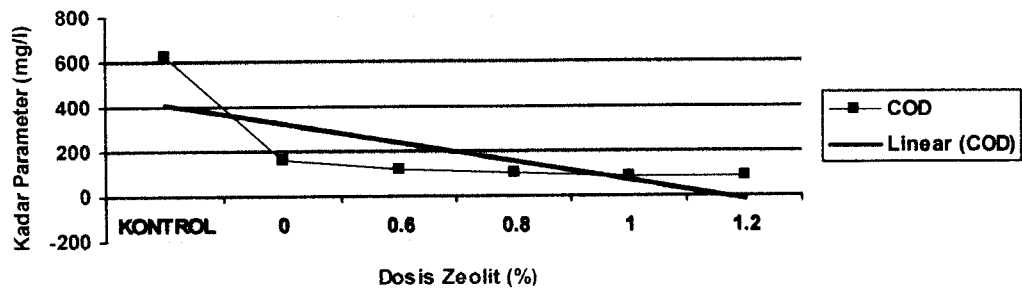
Gambar 3.7 : Penurunan Parameter Limbah II

Grafik Penurunan Kadar BOD Limbah II



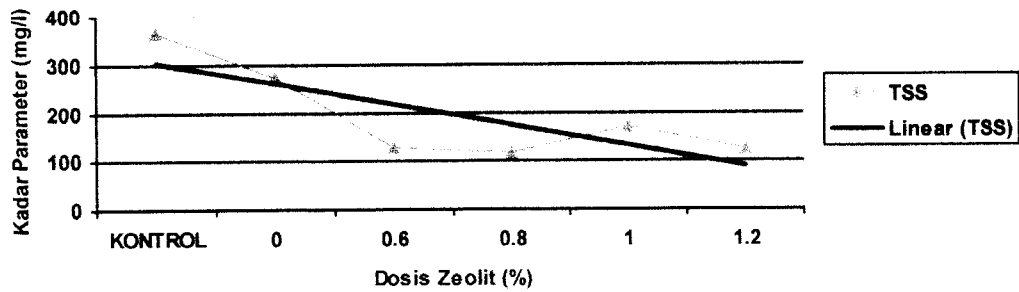
Gambar 3.8 : Penurunan Kadar BOD Limbah II

Grafik Penurunan Kadar COD Limbah II



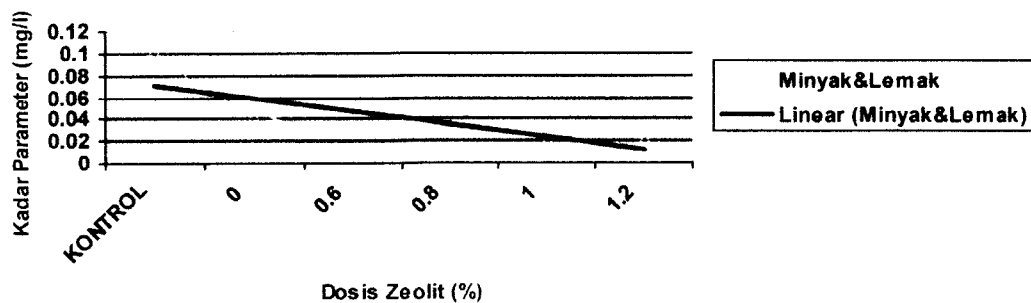
Gambar 3.9 : Penurunan Kadar COD Limbah II

Grafik Penurunan Kadar TSS Limbah II



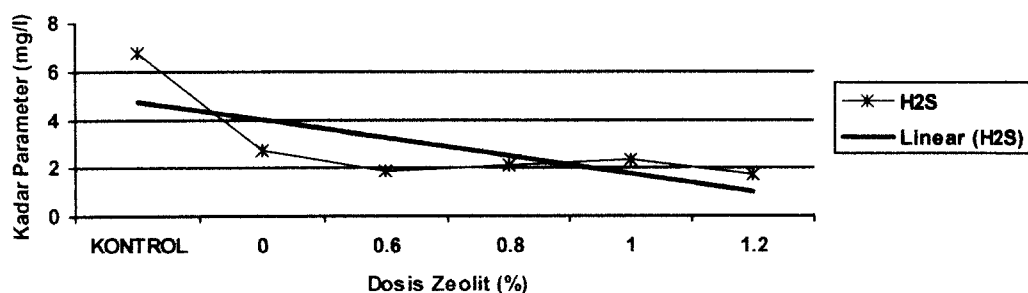
Gambar 3.10 : Penurunan Kadar TSS Limbah II

Grafik Penurunan Kadar Minyak & Lemak Limbah II



Gambar 3.11 : Penurunan Kadar Minyak&Lemak Limbah II

Grafik Penurunan Kadar H₂S Limbah II



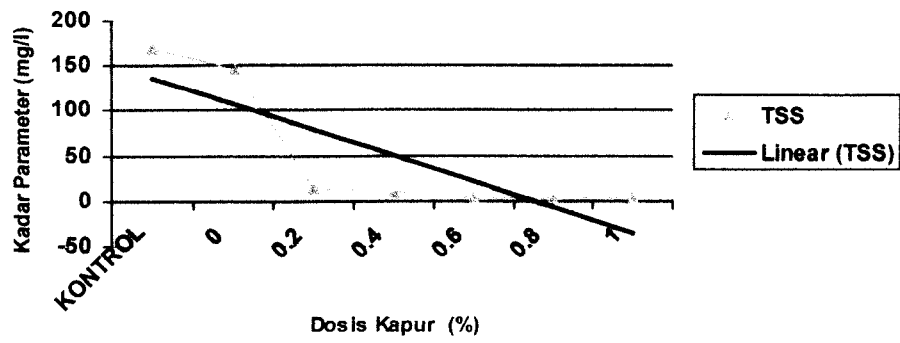
Gambar 3.12 : Penurunan Kadar H₂S Limbah II

Perlakuan III. Limbah + Kapur + O₃ 45 Menit

Tabel 1.6. Nilai BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Kapur dengan Waktu Ozonisasi 45 Menit.

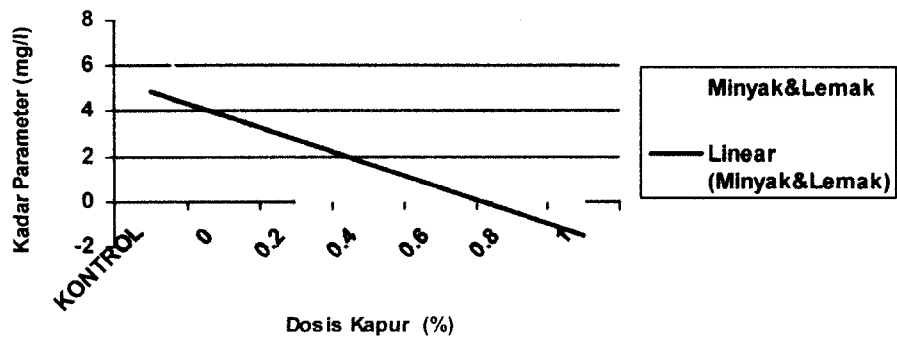
NO	Dosis Kapur	Pengujian Parameter Limbah				
	(%)	(mg/l)				
		BOD	COD	TSS	Minyak & Lemak	H ₂ S
1.	Kontrol	324	660	170	6,46	1,46
2.	0	248	510	146	5,12	0,28
3.	0,2	64	142	14	0	0
4.	0,4	32	80	9	0	0
5.	0,6	16	40	3	0	0
6.	0,8	19	40	4	0	0
7.	1	19	40	4	0	0

Grafik Penurunan Kadar TSS Limbah III



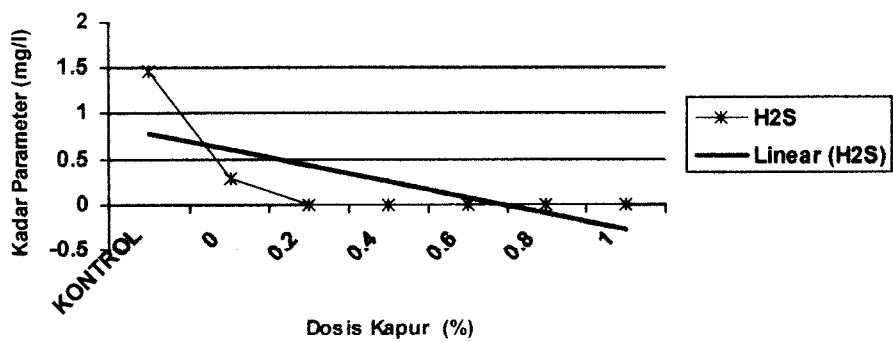
Gambar 3.16 : Penurunan Kadar TSS Limbah III

Grafik Penurunan Kadar Minyak & Lemak Limbah III



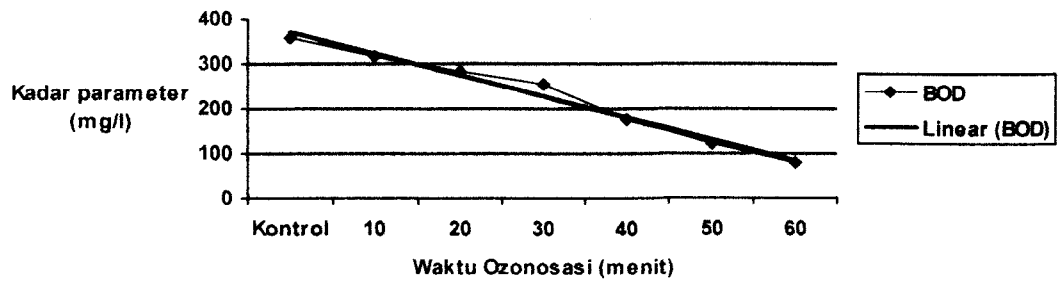
Gambar 3.17 : Penurunan Kadar Minyak&Lemak Limbah III

Grafik Penurunan Kadar H₂S Limbah III



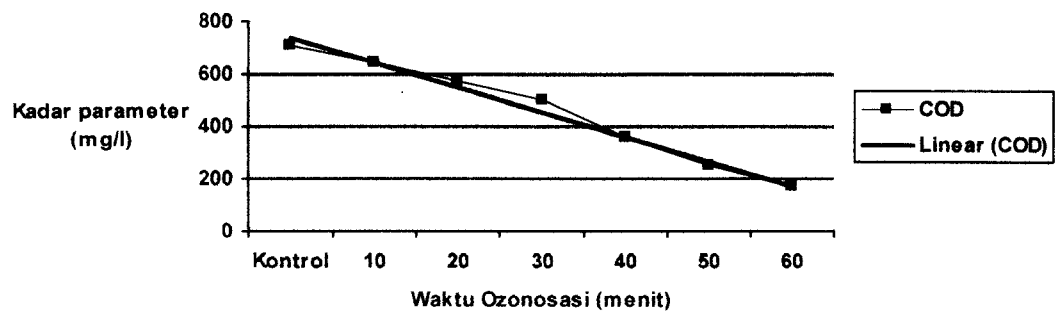
Gambar 3.18 : Penurunan Kadar H₂S Limbah III

Grafik Penurunan Kadar BOD Limbah IV



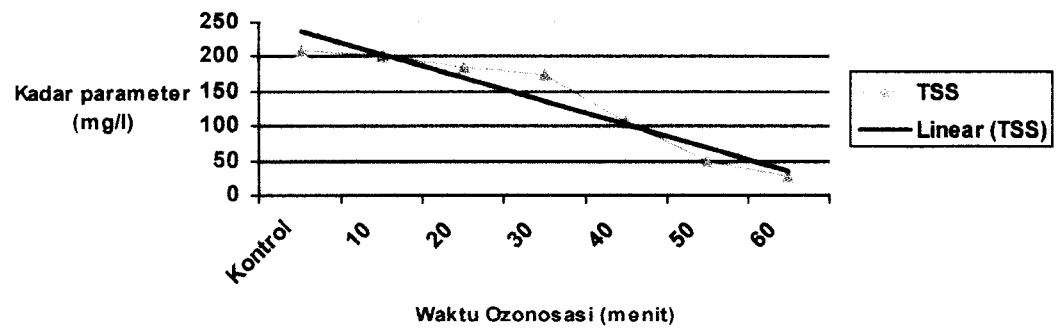
Gambar 3.20 : Penurunan Kadar BOD Limbah IV

Grafik Penurunan Kadar COD Limbah IV



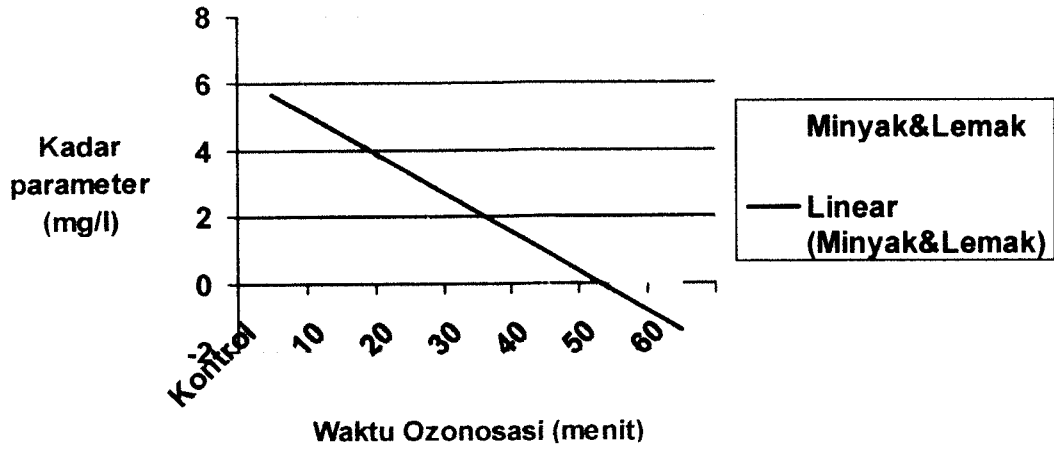
Gambar 3.21 : Penurunan Kadar COD Limbah IV

Grafik Penurunan Kadar TSS Limbah IV



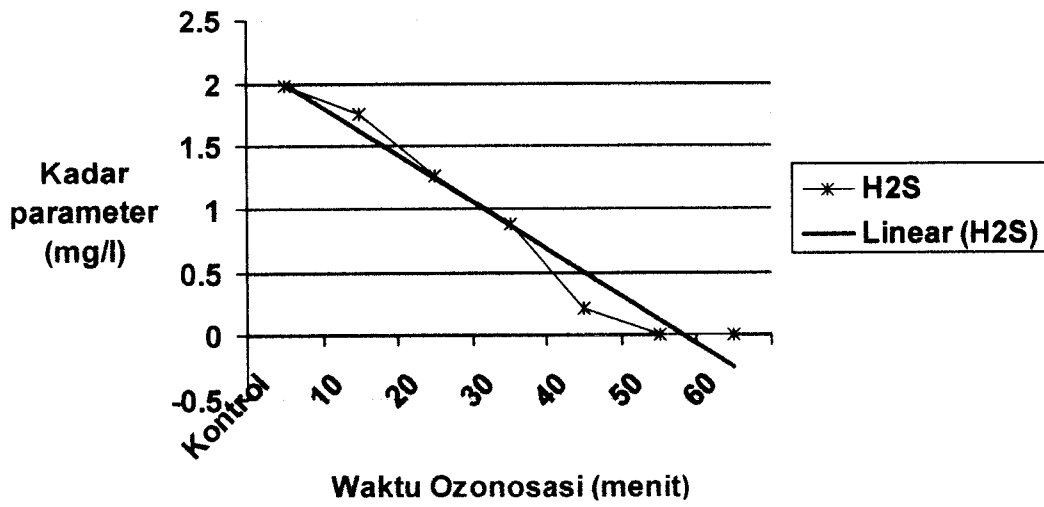
Gambar 3.22 : Penurunan Kadar TSS Limbah IV

Grafik Penurunan Kadar Minyak & Lemak Limbah IV



Gambar 3.23 : Penurunan Kadar Minyak&Lemak Limbah IV

Grafik Penurunan Kadar H₂S Limbah IV



Gambar 3.24: Penurunan Kadar H₂S Limbah IV

LAMPIRAN 4

Perhitungan Efisiensi Ozonizer

1. Dengan menggunakan Tawas + O₃ 45 menit.

A. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai BOD

a. Pada Dosis 0 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{756 - 137}{756} \times 100\%$$

$$= 81,88\%$$

b. Pada Dosis 0,6 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{756 - 125}{756} \times 100\%$$

$$= 83,47\%$$

c. Pada Dosis 0,8 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{756 - 115}{756} \times 100\%$$

$$= 84,79\%$$

d. Pada Dosis 1,0 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{756 - 95}{756} \times 100\%$$

$$= 87,43\%$$

e. Pada Dosis 1,2 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\% \\ &= \frac{756 - 85}{756} \times 100\% \\ &= 88,76\%\end{aligned}$$

B. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai COD

a. Pada Dosis 0 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\% \\ &= \frac{873 - 160}{873} \times 100\% \\ &= 81,67\%\end{aligned}$$

b. Pada Dosis 0,6 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\% \\ &= \frac{873 - 145}{873} \times 100\% \\ &= 83,39\%\end{aligned}$$

c. Pada Dosis 0,8 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\% \\ &= \frac{873 - 145}{873} \times 100\% \\ &= 83,39\%\end{aligned}$$

d. Pada Dosis 1,0 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\% \\ &= \frac{873 - 125}{873} \times 100\% \\ &= 85,68\%\end{aligned}$$

e. Pada Dosis 1,2 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\% \\ &= \frac{873 - 105}{873} \times 100\% \\ &= 87,97\%\end{aligned}$$

C. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai TSS

a. Pada Dosis 0 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{406 - 272}{406} \times 100\% \\ &= 33 \%\end{aligned}$$

b. Pada Dosis 0,6 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{406 - 194}{406} \times 100\% \\ &= 52,22 \%\end{aligned}$$

c. Pada Dosis 0,8 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{406 - 562}{406} \times 100\% \\ &= -38,42\%\end{aligned}$$

d. Pada Dosis 1,0 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{406 - 804}{406} \times 100\% \\ &= -98\%\end{aligned}$$

e. Pada Dosis 1,2 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{406 - 514}{406} \times 100\% \\ &= 26,6\%\end{aligned}$$

D. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai Minyak & Lemak

a. Pada Dosis 0 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0,13 - 0,044}{0,13} \times 100\% \\ &= 66,15 \%\end{aligned}$$

b. Pada Dosis 0,6 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0,13 - 0,038}{0,13} \times 100\% \\ &= 70,77 \%\end{aligned}$$

c. Pada Dosis 0,8 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0,13 - 0,032}{0,13} \times 100\% \\ &= 75,38\%\end{aligned}$$

d. Pada Dosis 1,0 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0,13 - 0,04}{0,13} \times 100\% \\ &= 69,23 \%\end{aligned}$$

e. Pada Dosis 1,2 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0,13 - 0,036}{0,13} \times 100\% \\ &= 72,31 \%\end{aligned}$$

E. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai H₂S

a. Pada Dosis 0 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\% \\ &= \frac{8,59 - 2,69}{8,59} \times 100\% \\ &= 69,68 \%\end{aligned}$$

b. Pada Dosis 0,6 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\% \\ &= \frac{8,59 - 2,75}{8,59} \times 100\% \\ &= 67,99 \%\end{aligned}$$

c. Pada Dosis 0,8 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\% \\ &= \frac{8,59 - 2,24}{8,59} \times 100\% \\ &= 73,92 \%\end{aligned}$$

d. Pada Dosis 1,0 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\% \\ &= \frac{8,59 - 2,16}{8,59} \times 100\% \\ &= 74,85 \%\end{aligned}$$

$$= \frac{581 - 73}{581} \times 100\%$$

$$= 87,44\%$$

e. Pada Dosis 1,2 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{581 - 65}{581} \times 100\%$$

$$= 88,81 \%$$

B. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai COD

a. Pada Dosis 0 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{624 - 160}{624} \times 100\%$$

$$= 74,36 \%$$

b. Pada Dosis 0,6 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{624 - 115}{624} \times 100\%$$

$$= 81,57 \%$$

c. Pada Dosis 0,8 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{624 - 96}{624} \times 100\%$$

$$= 84,62 \%$$

d. Pada Dosis 1,0 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{624 - 84}{624} \times 100\%$$

$$= 86,54 \%$$

e. Pada Dosis 1,2 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{624 - 80}{624} \times 100\%$$

$$= 87,18\%$$

C. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai TSS

a. Pada Dosis 0 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{364 - 272}{364} \times 100\%$$

$$= 25,27 \%$$

b. Pada Dosis 0,6 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{363 - 130}{364} \times 100\%$$

$$= 64,26 \%$$

c. Pada Dosis 0,8 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{364 - 118}{364} \times 100\%$$

$$= 67,58 \%$$

d. Pada Dosis 1,0 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{364 - 172}{364} \times 100\% \\ &= 52,75 \%\end{aligned}$$

e. Pada Dosis 1,2 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{364 - 124}{364} \times 100\% \\ &= 65,93 \%\end{aligned}$$

D. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai Minyak & Lemak

a. Pada Dosis 0 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0,096 - 0,044}{0,096} \times 100\% \\ &= 54,17 \%\end{aligned}$$

b. Pada Dosis 0,6 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0,096 - 0,028}{0,096} \times 100\% \\ &= 70,83 \%\end{aligned}$$

c. Pada Dosis 0,8 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,096 - 0,032}{0,096} \times 100\%$$

$$= 66,67 \%$$

d. Pada Dosis 1,0 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,096 - 0,024}{0,096} \times 100\%$$

$$= 75 \%$$

e. Pada Dosis 1,2 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,096 - 0,024}{0,096} \times 100\%$$

$$= 75 \%$$

E. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai H₂S

a. Pada Dosis 0 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{6,72 - 2,69}{6,72} \times 100\%$$

$$= 59,97 \%$$

b. Pada Dosis 0,6 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{6,72 - 1,87}{6,72} \times 100\%$$

$$= 72,17 \%$$

c. Pada Dosis 0,8 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

c. Pada Dosis 0,4%

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{324 - 32}{324} \times 100\%$$

$$= 90,12 \%$$

d. Pada Dosis 0,6 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{324 - 16}{324} \times 100\%$$

$$= 95,06 \%$$

e. Pada Dosis 0,8 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{324 - 19}{324} \times 100\%$$

$$= 94,14 \%$$

f. Pada Dosis 1,0 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{324 - 19}{324} \times 100\%$$

$$= 94,14 \%$$

B. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai COD

a. Pada Dosis 0 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{660 - 510}{660} \times 100\%$$

$$= 22,73 \%$$

b. Pada Dosis 0,2 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{660 - 142}{660} \times 100\%$$

$$= 78,48 \%$$

c. Pada Dosis 0,4 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{660 - 80}{660} \times 100\%$$

$$= 87,88 \%$$

d. Pada Dosis 0,6 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{660 - 40}{660} \times 100\%$$

$$= 93,94 \%$$

e. Pada Dosis 0,8 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{660 - 40}{660} \times 100\%$$

$$= 93,94 \%$$

f. Pada Dosis 1,0 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{660 - 40}{660} \times 100\%$$

$$= 93,94 \%$$

f. Pada Dosis 1,0 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{170 - 4}{170} \times 100\% \\ &= 97,65 \%\end{aligned}$$

D. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai Minyak & Lemak

a. Pada Dosis 0 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{6,46 - 5,12}{6,46} \times 100\% \\ &= 20,74 \%\end{aligned}$$

b. Pada Dosis 0,2 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{6,46 - 0}{6,46} \times 100\% \\ &= 100 \%\end{aligned}$$

c. Pada Dosis 0,4 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{6,46 - 0}{6,46} \times 100\% \\ &= 100 \%\end{aligned}$$

d. Pada Dosis 0,6 %

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{6,46 - 0}{6,46} \times 100\% \\ &= 100 \%\end{aligned}$$

e. Pada Dosis 0,8 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{6,46 - 0}{6,46} \times 100\%$$

$$= 100 \%$$

f. Pada Dosis 1 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{6,46 - 0}{6,46} \times 100\%$$

$$= 100 \%$$

E. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai H₂S

a. Pada Dosis 0 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,46 - 0,28}{1,46} \times 100\%$$

$$= 80,82 \%$$

b. Pada Dosis 0,2 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,46 - 0}{1,46} \times 100\%$$

$$= 100 \%$$

c. Pada Dosis 0,4 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,46 - 0}{1,46} \times 100\%$$

$$= 100 \%$$

d. Pada Dosis 0,6 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,46 - 0}{1,46} \times 100\%$$

$$= 100 \%$$

e. Pada Dosis 0,8 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,46 - 0}{1,46} \times 100\%$$

$$= 100 \%$$

f. Pada Dosis 1 %

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,46 - 0}{1,46} \times 100\%$$

$$= 100 \%$$

4. Dengan menaikkan Limbah pH >8 dan mevariasikan waktu Ozonosasi

A. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai BOD

a. Pada Waktu 10 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{360 - 318}{360} \times 100\%$$

$$= 11,67 \%$$

b. Pada Waktu 20 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{360 - 282}{360} \times 100\%$$

$$= 21,67 \%$$

c. Pada Waktu 30 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{360 - 256}{360} \times 100\%$$

$$= 28,89 \%$$

d. Pada Waktu 40 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{360 - 174}{360} \times 100\%$$

$$= 51,67 \%$$

e. Pada Waktu 50 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{360 - 122}{360} \times 100\%$$

$$= 61,11 \%$$

f. Pada Waktu 60 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai BOD awal} - \text{Nilai BOD akhir}}{\text{Nilai BOD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{360 - 80}{360} \times 100\%$$

$$= 75 \%$$

B. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai COD

a. Pada Waktu 10 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{710 - 646}{710} \times 100\%$$

$$= 9,01 \%$$

b. Pada Waktu 20 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{710 - 568}{710} \times 100\%$$

$$= 20 \%$$

c. Pada Waktu 30 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{710 - 502}{710} \times 100\%$$

$$= 29,3 \%$$

d. Pada Waktu 40 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{710 - 354}{710} \times 100\%$$

$$= 50,14 \%$$

e. Pada Waktu 50 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{710 - 248}{710} \times 100\%$$

$$= 65,1 \%$$

f. Pada Waktu 60 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai COD awal} - \text{Nilai COD akhir}}{\text{Nilai COD awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{710 - 168}{710} \times 100\%$$

$$= 76,34 \%$$

C. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai TSS

a. Pada Waktu 10 menit

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{208 - 202}{208} \times 100\% \\ &= 2,88 \%\end{aligned}$$

b. Pada Waktu 20 menit

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{208 - 186}{208} \times 100\% \\ &= 10,58 \%\end{aligned}$$

c. Pada Waktu 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{208 - 174}{208} \times 100\% \\ &= 16,35 \%\end{aligned}$$

d. Pada Waktu 40 menit

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{208 - 105}{208} \times 100\% \\ &= 49,52 \%\end{aligned}$$

e. Pada Waktu 50 menit

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{208 - 48}{208} \times 100\% \\ &= 76,92 \%\end{aligned}$$

f. Pada Waktu 60 menit

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai TSS awal} - \text{Nilai TSS akhir}}{\text{Nilai TSS awal}} \times 100\% \\ &= \frac{208 - 26}{208} \times 100\% \\ &= 87,5 \%\end{aligned}$$

D. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai Minyak & Lemak

a. Pada Waktu 10 menit

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{6,82 - 4,96}{6,82} \times 100\% \\ &= 27,27 \%\end{aligned}$$

b. Pada Waktu 20 menit

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{6,82 - 2,64}{6,82} \times 100\% \\ &= 61,29 \%\end{aligned}$$

c. Pada Waktu 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{6,82 - 0,28}{6,82} \times 100\% \\ &= 95,89 \%\end{aligned}$$

d. Pada Waktu 40 menit

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat} &= \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\% \\ &= \frac{6,82 - 0,12}{6,82} \times 100\% \\ &= 98,24 \%\end{aligned}$$

e. Pada Waktu 50 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{6,82 - 0}{6,82} \times 100\%$$

$$= 100 \%$$

f. Pada Waktu 60 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal} - \text{Nilai Minyak\&Lemak akhir}}{\text{Nilai Minyak\&Lemak awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{6,82 - 0}{6,82} \times 100\%$$

$$= 100 \%$$

E. Efisiensi Ozonizer dalam Menurunkan Nilai H₂S

a. Pada Waktu 10 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,98 - 1,76}{1,98} \times 100\%$$

$$= 11,11 \%$$

b. Pada Waktu 20 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,98 - 1,26}{1,98} \times 100\%$$

$$= 36,36 \%$$

c. Pada Waktu 30 menit

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{Nilai H}_2\text{S awal} - \text{Nilai H}_2\text{S akhir}}{\text{Nilai H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,98 - 0,88}{1,98} \times 100\%$$

$$= 55,56 \%$$

LAMPIRAN 5

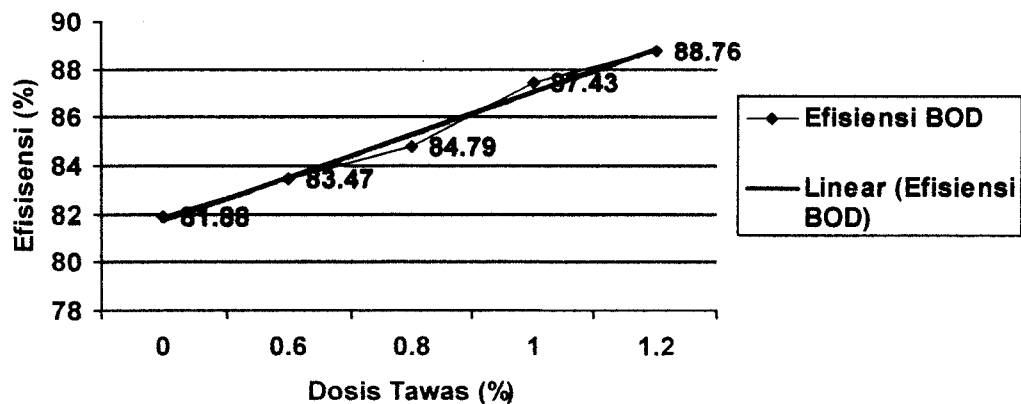
TABEL HASIL PERHITUNGAN EFISIENSI OZONIZER DALAM MENURUNKAN BOD,COD,TSS,MINYAK,LEMAK DAN H₂S PADA LIMBAH CAIR PABRIK GULA

Perlakuan I. Limbah + Tawas + O₃ 45 Menit

Tabel 1.8. Nilai Efisiensi Ozonizer pada penurunan parameter BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Tawas dengan Waktu Ozonisasi 45 Menit.

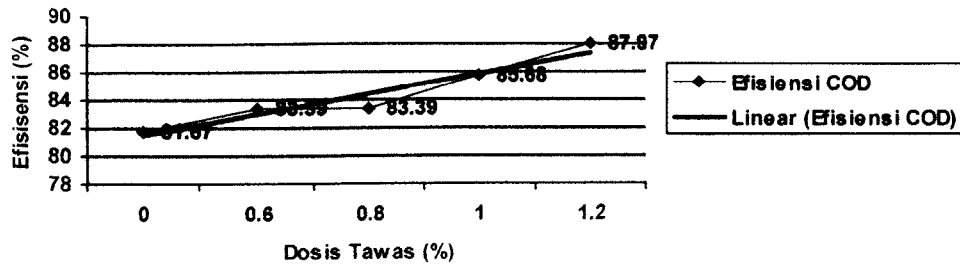
NO	Dosis Tawas	Perhitungan Efisiensi Ozonizer				
	(%)	(%)				
		BOD	COD	TSS	Minyak & Lemak	H ₂ S
1.	0	81,88	81,67	33	66,15	69,68
2.	0,6	83,47	83,39	52,22	70,77	67,99
3.	0,8	84,79	83,39	0	75,38	73,92
4.	1	87,43	85,68	0	69,23	74,85
5.	1,2	88,76	87,97	26,6	72,31	76,3

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar BOD Limbah I



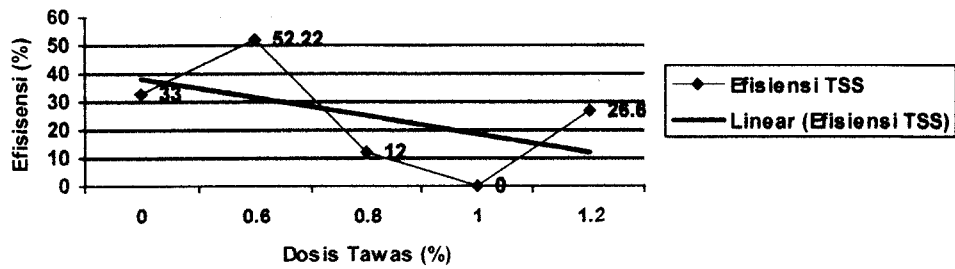
Gambar 4.1 : Efisiensi Penurunan Kadar BOD Limbah I

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar COD Limbah I



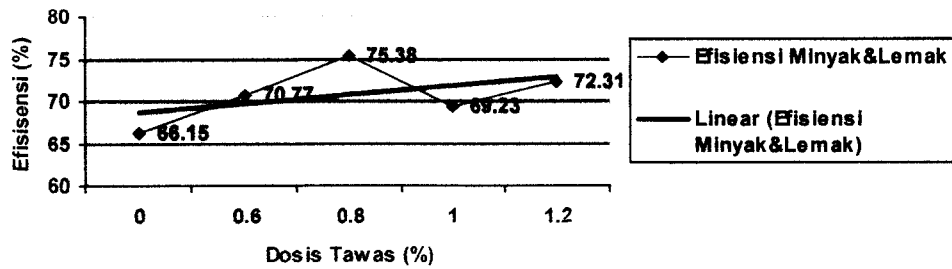
Gambar 4.2 : Efisiensi Penurunan Kadar COD Limbah I

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar TSS Limbah I



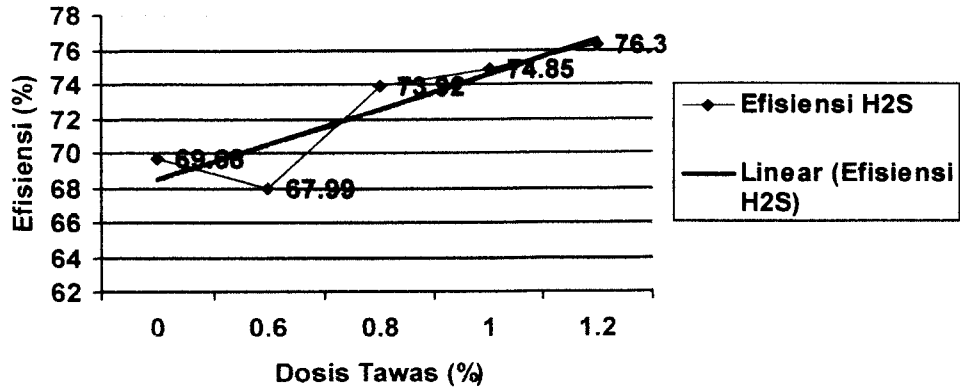
Gambar 4.3 : Efisiensi Penurunan Kadar TSS Limbah I

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar Minyak & Lemak Limbah I



Gambar 4.4 : Efisiensi Penurunan Kadar Minyak & Lemak Limbah I

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar H₂S Limbah I



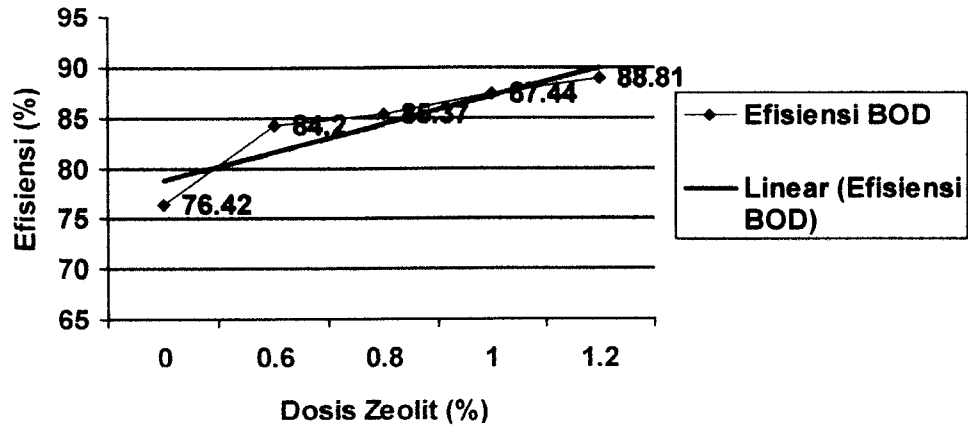
Gambar 4.5 : Efisiensi Penurunan Kadar H₂S Limbah I

Perlakuan II. Limbah + Zeolit + O₃ 45 Menit

Tabel 1.9. Nilai Efisiensi Ozonizer pada penurunan parameter BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Zeolit dengan Waktu Ozonisasi 45 Menit.

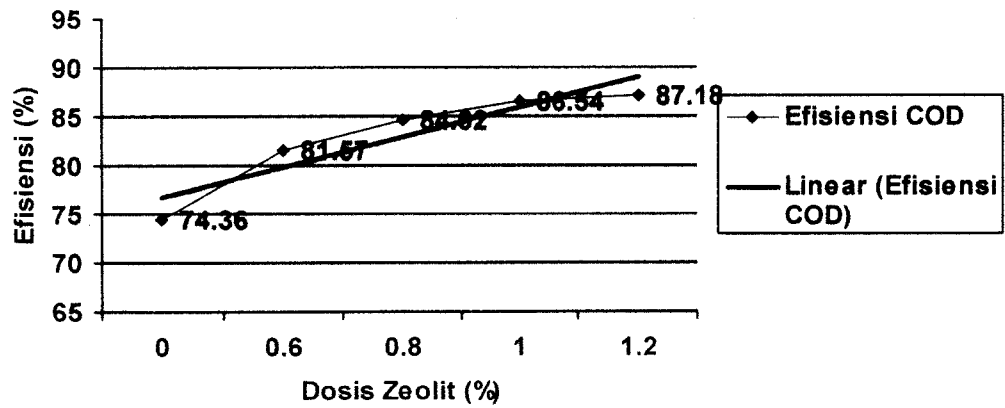
NO	Dosis Zeolit	Perhitungan Efisiensi Ozonizer				
	(%)	(%)				
		BOD	COD	TSS	Minyak & Lemak	H ₂ S
1.	0	76.42	74.36	25.27	54.17	59.97
2.	0,6	84.2	81.57	64,26	70.83	72.17
3.	0,8	85.37	84.62	67.58	66.67	69.35
4.	1	87.44	86.54	52.75	75	65.77
5.	1,2	88.81	87.18	65.93	75	75

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar BOD Limbah II



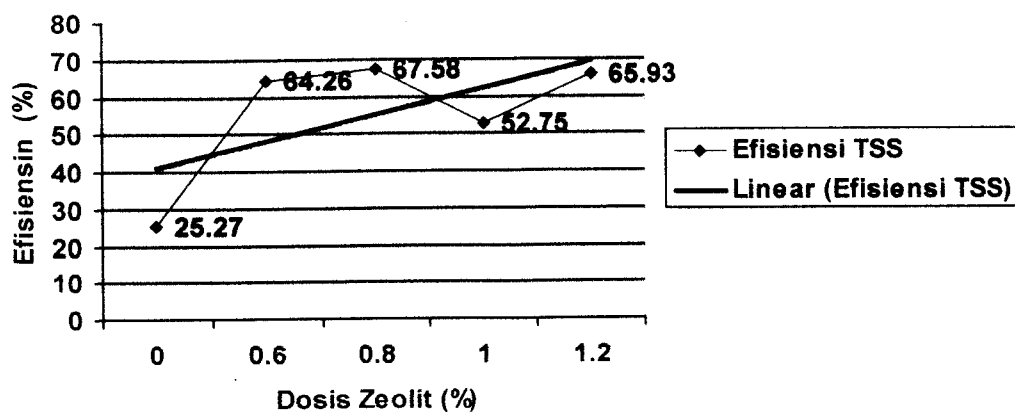
Gambar 4.6 : Efisiensi Penurunan Kadar BOD Limbah II

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar COD Limbah II



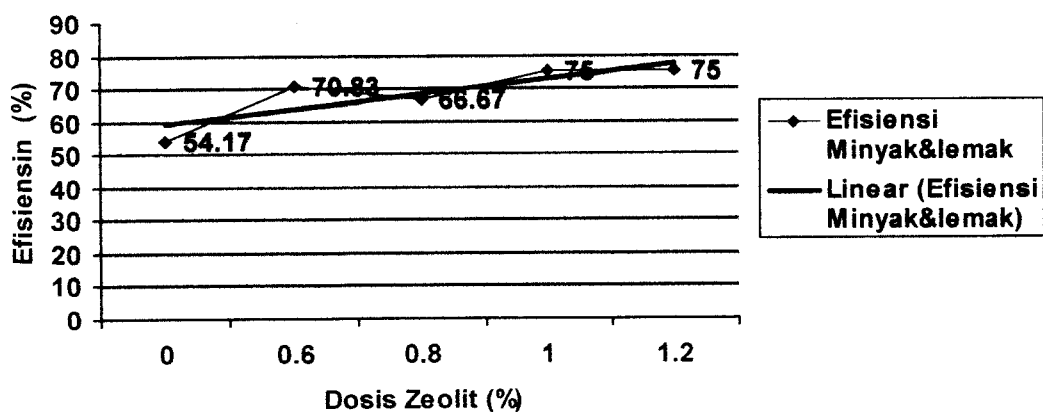
Gambar 4.7 : Efisiensi Penurunan Kadar COD Limbah II

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar TSS Limbah II



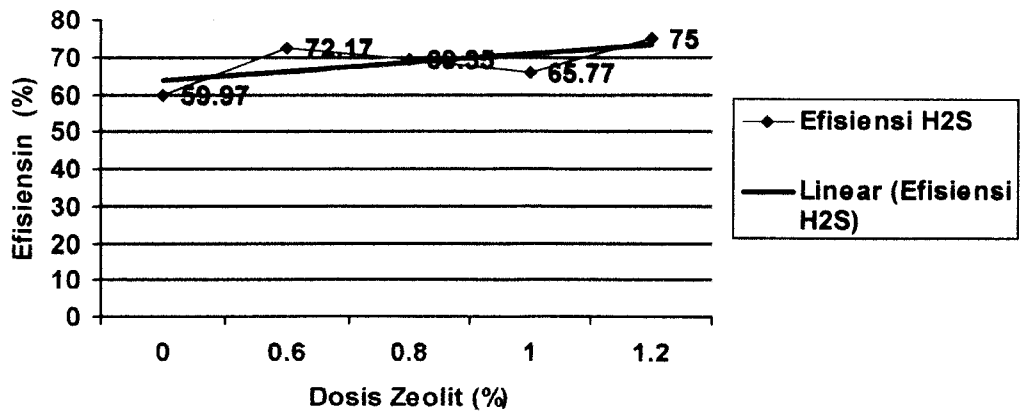
Gambar 4.8 : Efisiensi Penurunan Kadar TSS Limbah II

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar Minyak & Lemak Limbah II



Gambar 4.9 : Efisiensi Penurunan Kadar Minyak&Lemak Limbah II

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar H₂S Limbah II



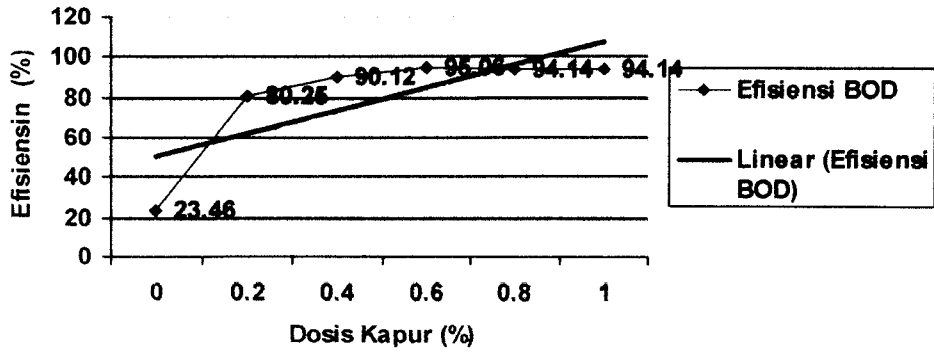
Gambar 4.10 : Efisiensi Penurunan Kadar H₂S Limbah II

Perlakuan III. Limbah + Kapur + O₃ 45 Menit

Tabel 1.10. Nilai Efisiensi Ozonizer pada penurunan parameter BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Kapur dengan Waktu Ozonisasi 45 Menit.

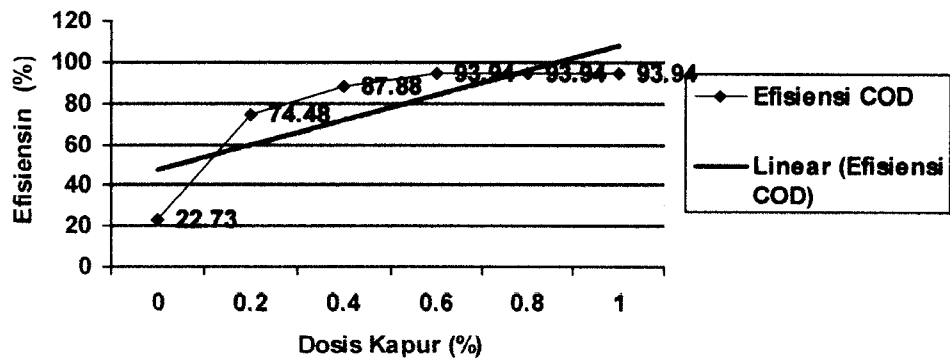
NO	Dosis Kapur	Perhitungan Efisiensi Ozonizer				
	(%)	(%)				
		BOD	COD	TSS	Minyak & Lemak	H ₂ S
1.	0	23.46	22.72	14.12	20.74	80.82
2.	0,2	80.25	74.48	91.76	100	100
3.	0,4	90.12	87.88	94.71	100	100
4.	0,6	95.06	93.94	98.24	100	100
5.	0,8	94.14	93.94	97.65	100	100
6.	1	94.14	93.94	97.65	100	100

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar BOD Limbah III



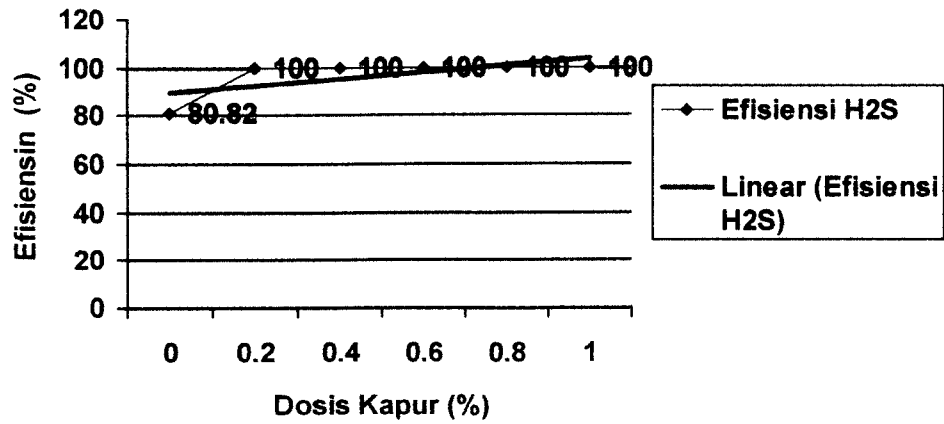
Gambar 4.11 : Efisiensi Penurunan Kadar BOD Limbah III

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar COD Limbah III



Gambar 4.12 : Efisiensi Penurunan Kadar COD Limbah III

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar H₂S Limbah III



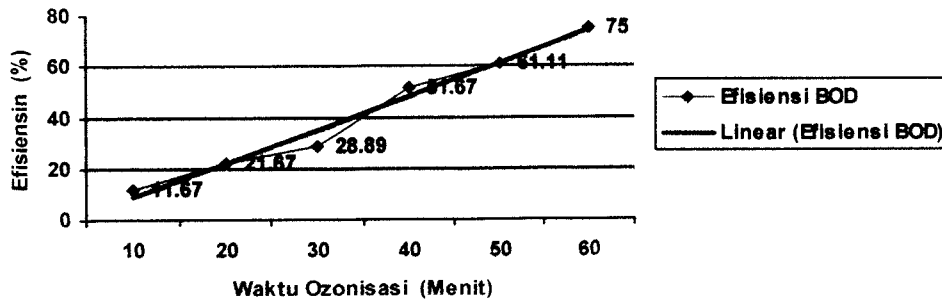
Gambar 4.15 : Efisiensi Penurunan Kadar H₂S Limbah III

Perlakuan IV. Limbah pH > 8 + Variasi Waktu Ozonisasi

Tabel 1.11 Nilai Efisiensi Ozonizer pada penurunan parameter BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak, dan H₂S pada Berbagai Variasi Konsentrasi Waktu Ozonisasi Pada pH Limbah >8

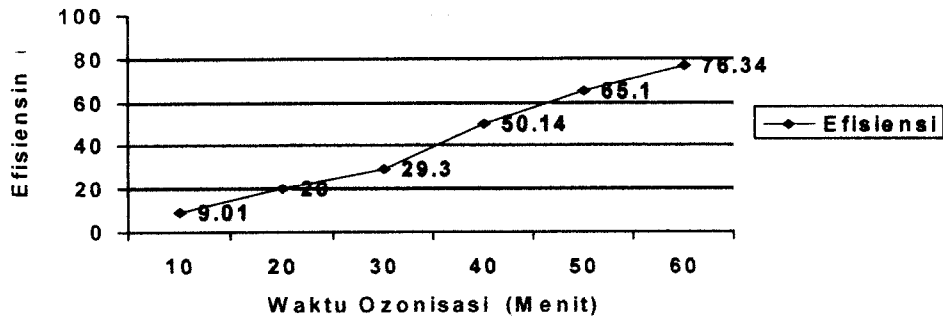
NO	Waktu Ozonisasi	Perhitungan Efisiensi Ozonizer				
	(%)	(%)				
		BOD	COD	TSS	Minyak & Lemak	H ₂ S
1.	10	11.67	9.01	2.88	27.27	11.11
2.	20	21.67	20	10.58	61.29	36.36
3.	30	28.89	29.3	16.35	95.89	55.56
4.	40	51.67	50.14	49.52	98.24	88.89
5.	50	61.11	65.1	76.92	100	100
6.	60	75	76.34	87.5	100	100

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar BOD Limbah IV



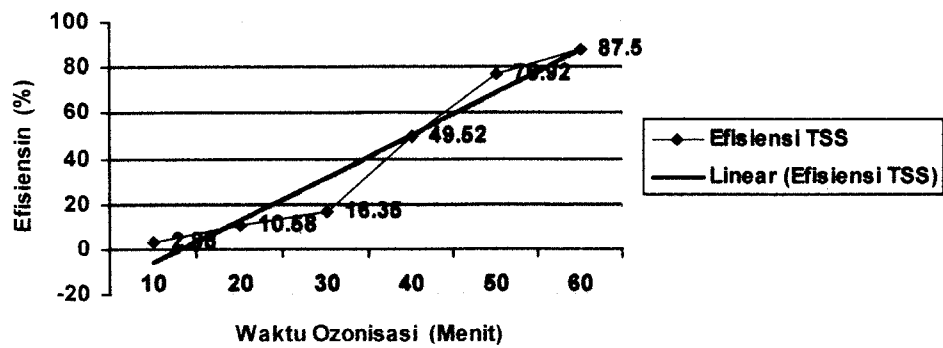
Gambar 4.16 : Efisiensi Penurunan Kadar BOD Limbah IV

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar COD Limbah IV



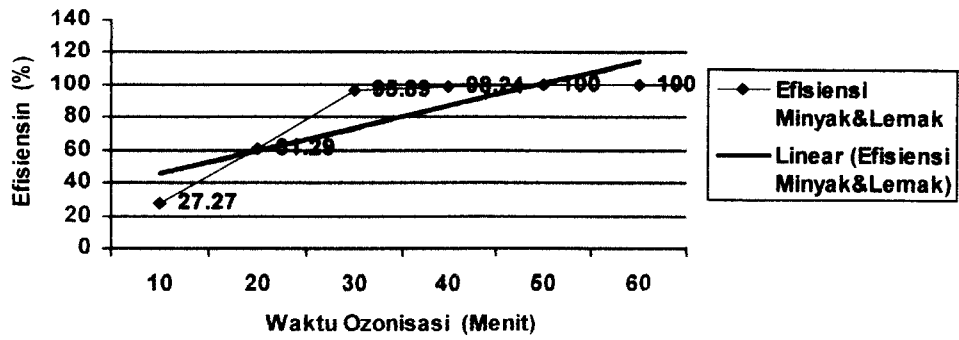
Gambar 4.17 : Efisiensi Penurunan Kadar COD Limbah IV

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar TSS Limbah IV



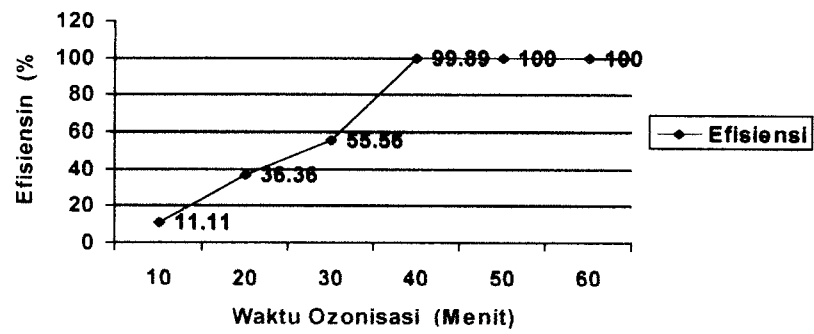
Gambar 4.18 : Efisiensi Penurunan Kadar TSS Limbah IV

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar Minyak & Lemak Limbah IV



Gambar 4.19 : Efisiensi Penurunan Kadar Minyak&Lemak Limbah IV

Grafik Efisiensi Penurunan Kadar H₂S Limbah II

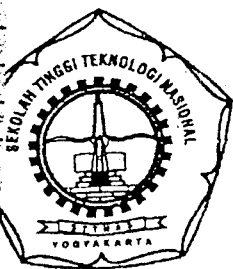


Gambar 4.20 : Efisiensi Penurunan Kadar H₂S Limbah IV

KARTU P

MA
yaningsih

Penurunan B
Wetland yang



SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM TEKNIK PENYEHATAN

Jl. Babarsari, Depok Sleman. Eelp. (0274) 561790, 517519
Yogyakarta 55281

Pemeriksaan Kimia di Laboratorium

Jenis : Limbah Cair
Berasal dari : Pabrik Gula PTPN X, Kediri.
Dikirim oleh : Ririn Mulyaningsih, NIM : 01513033, FT.SP.Teknik Lingkungan UII
Yogyakarta
Diterima tanggal : 22 dan 23 September 2005

Parameter Permintaan: Baku Mutu Industri Gula

No	No.Lab	Kode Sampel	Hasil analisa					
			pH	BOD	COD	TSS	Minyak & Lemak	Sulfida (sbg S)
1	263	Limbah Kontrol	5,0	324	660	170	6,46	1,46
2	264	Limbah+O ₃ 45" + kapur 0 %	6,0	248	510	146	5,12	0,28
3	265	Limbah+O ₃ 45" + kapur 0,2 %	10,0	64	142	14	0,0	0,0
4	266	Limbah+O ₃ 45" + kapur 0,4 %	11,0	32	80	9	0,0	0,0
5	267	Limbah+O ₃ 45" + kapur 0,6 %	12,0	16	40	3	0,0	0,0
6	268	Limbah+O ₃ 45" + kapur 0,8 %	12,0	19	40	4	0,0	0,0
7	269	Limbah+O ₃ 45" + kapur 1,0 %	12,0	19	40	4	0,0	0,0
8	270	Limbah Kontrol	5,0	360	710	208	6,82	1,98
9	271	Limbah+O ₃ 10"	8,0	318	646	202	4,96	1,76
10	272	Limbah+O ₃ 20"	8,0	282	568	186	2,64	1,26
11	273	Limbah+O ₃ 30"	8,1	256	502	174	0,28	0,88
12	274	Limbah+O ₃ 40"	8,2	174	354	105	0,12	0,22
13	275	Limbah+O ₃ 50"	8,2	122	248	48	0,0	0,0
14	276	Limbah+O ₃ 60"	8,3	80	168	26	0,0	0,0

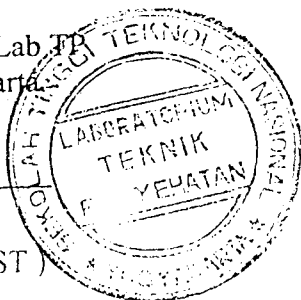
Yogyakarta, 10 Oktober 2005

Pelaksana Lab. Teknik Penyehatan

Mengetahui
Penanggung Jawab Lab. Teknik
STTNAS Yogyakarta

An.

(Budi Ismugiatun, ST)



(Edi Handayanto, AMd)



**PEMERINTAH PROPINSI JAWA TIMUR
DINAS PEKERJAAN UMUM BINA MARGA**

Pusat : Jl. Gayung Kebonsari 167 Surabaya Telp. (031) 8290186, 8282690
Lab Uji Air : Jl. Raya Waru No. 20 Waru-Sidoarjo Telp/Facs. (031) 8541807

Sertifikat pengujian ini hanya berlaku untuk jenis dan kode contoh uji yang tertera serta tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya tanpa persetujuan dari laboratorium

SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

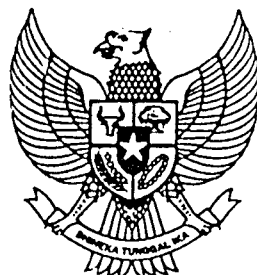
NO : 786 / VI / 1358 / 119 / 2005

M U M
 e Co Kode Contoh Uji : ALI/VI/2005/786
 ia Inc Nama Industri : PG. PESANTREN
 nat Nama Alamat : Kel. Pesantren Kec. Pesantren Kota Kediri
 i / Fa Telp / Fax : 0354 - 682336
 s Ind Jenis Industri/kegiatan Usaha : Gula
 s Co Jenis Contoh Uji : Air Limbah Industri
 tang Rentang Pengujian : 09-Jun-05 s/d 16-Jun-05

PE NTA PENGAMBILAN CONTOH UJI
 ansi Instansi : PG. Pesantren
 ugas Petugas Pengambil Contoh : Ir. Agus Sudarmaji
 ngga Tanggal / Jam pengambilan : 09 Juni 2005/ 09:00
 ngga Tanggal / Jam diterima lab : 09 Juni 2005/ 10:30
 ngul Lokasi Sampling : Inlet
 D, Pengukuran Lapangan :
 se * Debit rata-rata limbah cair :
 p * selama pemantauan :
 ri * Produksi/Penggunaan bahan baku : 2100 M³/hari
 S * rata-rata selama bulan pemantauan : 350 Ton/hari
 * Suhu pada waktu pengambilan : 45 °C *)

HASIL PENGUJIAN

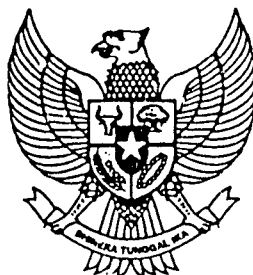
PARAMETER	SATUAN	BAKU MUTU	HASIL UJI	ACUAN METODE	KETERANGAN
ime Limbah Cair	m ³ /ton produk	-	6	-	
tuhan produk	mg/l	-	7.9	SNI M 03 1990 F	
	mg/l	-	8	SNI 06 - 2503 - 1991	
			20		



KEPUTUSAN
MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP
NOMOR : KEP- 51/MENLH/10/1995
TENTANG
BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN INDUSTRI



BAPEDAL
Badan Pengendalian Dampak Lingkungan
1999



**KEPUTUSAN
MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP
NOMOR : KEP- 51/MENLH/10/1995
TENTANG
BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN INDUSTRI**

MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP,

- Menimbang :**
- a. bahwa untuk melestarikan lingkungan hidup agar tetap bermanfaat bagi hidup dan kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya perlu dilakukan pengendalian terhadap pembuangan limbah cair ke lingkungan;
 - b. bahwa kegiatan industri mempunyai potensi menimbulkan pencemaran lingkungan hidup, oleh karena itu perlu dilakukan pengendalian terhadap pembuangan limbah cair dengan menetapkan Baku Mutu Limbah Cair;
 - c. bahwa untuk melaksanakan pengendalian pencemaran air sebagaimana telah ditetapkan dalam Pasal 15 Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air, perlu ditetapkan lebih lanjut dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri;
- Mengingat :**
1. Undang-undang Gangguan (Hinder Ordonnantie) Tahun 1926. Stbl. Nomor 226, setelah diubah dan ditambah terakhir dengan Stbl. 1940 Nomor 450);

2. Undang-undang Nomor 5 Tahun 1974 tentang Pokok-pokok Pemerintahan di Daerah (Lembaran Negara Tahun 1974 Nomor 38, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3037);
3. Undang-undang Nomor 11 Tahun 1974 tentang Pengairan (Lembaran Negara Tahun 1974 Nomor 65, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3046);
4. Undang-undang Nomor 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Tahun 1982 Nomor 12, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3215);
5. Undang-undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian (Lembaran Negara Tahun 1984 Nomor 22, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3257);
6. Undang-undang Nomor 9 Tahun 1985 tentang Perikanan (Lembaran Negara Tahun 1985 Nomor 46, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3299);
7. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 1982 tentang Tata Pengaturan Air (Lembaran Negara Tahun 1982 Nomor 37, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3225);
8. Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Tahun 1990 Nomor 24, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3409);
9. Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 1991 tentang Sungai (Lembaran Negara Tahun 1991 Nomor 44, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3445);
10. Peraturan Pemerintah Nomor 51 Tahun 1993 tentang Analisis Mengenal Dampak Lingkungan (Lembaran Negara Tahun 1993 Nomor 84, Tambahan Lembaran negara Nomor 3538);
11. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 96/M tahun 1993 tentang Pembentukan Kabinet Pembangunan VI;
12. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 1993 tentang Tugas Pokok, Fungsi dan Tata Kerja menteri Negara Serta Susunan Organisasi Staf Menteri Negara;

Pasal 2

- i) Baku Mutu Limbah cair untuk jenis industri :
1. Soda kostik/klor adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A I dan Lampiran B I;
 2. Pelapisan logam adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A II dan Lampiran B II;
 3. Penyamakan kulit adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A III dan Lampiran B III;
 4. Minyak sawit adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A IV dan Lampiran B IV;
 5. Pulp dan kertas adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A V dan Lampiran B V;
 6. Karet adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A VI dan B Lampiran VI;
 7. Gula adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A VII dan Lampiran B VII;
 8. Tapioka adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A VIII dan Lampiran B VIII;
 9. Tekstil adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A IX dan Lampiran B IX;
 10. Pupuk urea/nitrogen adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A X dan Lampiran B X;
 11. Ethanol adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XI dan Lampiran B XI;
 12. Mono Sodium Glutamate (MSG) adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XII dan Lampiran B XII;
 13. Kayu lapis adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XIII dan Lampiran B XIII;
 14. Susu, makanan yang terbuat dari susu adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XIV dan Lampiran B XIV;
 15. Minuman ringan adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XV dan Lampiran B XV;

16. Sabun, deterjen dan produk-produk minyak nabati adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XVI dan Lampiran B XVI;
 17. Bir adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XVII dan Lampiran B XVII;
 18. Baterai sel kering adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XVIII dan Lampiran B XVIII;
 19. Cat adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XIX dan Lampiran B XIX;
 20. Farmasi adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XX dan Lampiran B XX;
 21. Pestisida adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XXI dan Lampiran B XXI.
- (2) Baku Mutu Limbah Cair bagi jenis-jenis industri sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) pasal ini, ditetapkan berdasarkan beban pencemaran dan kadar, kecuali jenis industri pestisida formulasi pengemasan sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) butir 20 dan butir 21 pasal ini ditetapkan berdasarkan kadar.
- (3) Bagi jenis-jenis kegiatan industri sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) pasal ini yang :
- a. Telah beroperasi sebelum dikeluarkannya keputusan ini, berlaku Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran A dan wajib memenuhi Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran B selambat-lambatnya tanggal 1 Januari tahun 2000
 - b. Tahap perencanaannya dilakukan sebelum dikeluarkannya keputusan ini, dan beroperasi setelah dikeluarkannya keputusan ini, berlaku Baku Mutu Limbah Cair Lampiran A dan wajib memenuhi Baku Mutu Limbah Cair Lampiran B selambat-lambatnya tanggal 1 Januari tahun 2000.
- (4) Bagi jenis-jenis kegiatan industri sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) pasal ini yang tahap perencanaannya dilakukan dan beroperasi setelah dikeluarkannya keputusan ini, maka berlaku baku mutu limbah cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran B.

- (5) Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini setiap saat tidak boleh dilampaui.
- (6) Perhitungan tentang debit limbah cair maksimum dan beban pencemaran maksimum adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran D keputusan ini.
- (7) Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) pasal ini ditinjau secara berkala sekurang-kurangnya sekali dalam lima tahun.

Pasal 3

- (1) Menteri setelah berkonsultasi dengan Menteri lain dan/atau pimpinan lembaga pemerintah non-departemen yang bersangkutan menetapkan Baku Mutu Limbah Cair untuk jenis-jenis industri di luar jenis-jenis industri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1).
- (2) Selama Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) pasal ini belum ditetapkan, Gubernur dapat menggunakan Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran C Keputusan ini.
- (3) Gubernur dapat melakukan penyesuaian jumlah parameter sebagai yang dimaksud dalam ayat (2) pasal ini, setelah mendapat persetujuan Menteri.
- (4) Gubernur dapat menetapkan parameter tambahan diluar parameter yang tercantum dalam Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam lampiran A dan B Keputusan ini, setelah mendapat persetujuan Menteri.
- (5) Menteri memberikan tanggapan dan/atau persetujuan selambat-lambatnya dalam jangka waktu 30 (tiga puluh) hari kerja terhitung sejak tanggal diterimanya permohonan sebagai dimaksud dalam ayat (3) dan ayat (4) pasal ini.
- (6) Apabila dalam jangka waktu sebagaimana dimaksud dalam ayat (5) pasal ini, tidak diberikan tanggapan dan/atau persetujuan, maka permohonan tersebut dianggap disetujui.

Pasal 4

- (1) Gubernur dapat menetapkan Baku Mutu Limbah Cair lebih ketat dari ketentuan sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini.

Di tetapkan di : Jakarta
Pada tanggal : 23 Oktober 1995

Menteri Negara
Lingkungan Hidup,

ttd,

Sarwono Kusumaatmadja

Salinan sesuai dengan aslinya
Asisten IV Menteri Negara Lingkungan Hidup
Bidang Pengembangan Pengawasan
dan Pengendalian,

Hambar Martono



GUBERNUR KEPALA DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

KEPUTUSAN GUBERNUR KEPALA DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

NOMOR : 281/RPTS/1998

T E N T A N G

BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN INDUSTRI
DI PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

GUBERNUR KEPALA DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

- Menimbang :
- a. bahwa untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup agar tetap bermanfaat bagi hidup dan kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya perlu dilakukan pengendalian terhadap pembuangan limbah cair ke lingkungan;
 - b. bahwa kegiatan industri mempunyai potensi menghasilkan limbah yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan hidup, sehingga perlu dilakukan pengendalian terhadap pembuangan limbah cair bagi kegiatan industri di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta;
 - c. bahwa sehubungan dengan maksud tersebut di atas perlu segera menetapkan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

- Mengingat :
1. Undang-Undang Nomor 3 Tahun 1950 tentang Pembentukan Daerah Istimewa Yogyakarta jo. Peraturan Pemerintah Nomor 31 Tahun 1950, sebagaimana telah diubah dan ditambah terakhir dengan Undang-Undang Nomor 26 Tahun 1959;
 2. Undang-Undang Nomor 31 Tahun 1964 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Tenaga Atom;
 3. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1974 tentang Pokok-Pokok Pemerintahan Di Daerah;
 4. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 1974 tentang Pengairan;
 5. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian;
 6. Undang-Undang Nomor 9 Tahun 1985 tentang Perikanan;

6. Alkohol ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran I.6;
 7. Susu dan Es Krim ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran I.7;
 8. Minuman Ringan ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran I.8;
 9. Sabun ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran I.9;
 10. Cat ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran I.10;
 11. Peternakan Dabi dan Sapi Perah ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran I.11;
 12. Rumah Potong Hewan ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran I.12;
 13. Pengolahan Buah dan Sayuran ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran I.13;
 14. Tahu, Tempe dan Kecap ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran I.14;
 15. Batik ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran I.15;
 16. Percetakan ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran I.16;
 17. Bengkel ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran I.17;
- (2) Baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri lainnya yang belum termasuk dalam ayat (1) Pasal ini ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran II.
 - (3) Apabila Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) kegiatan industri mensyaratkan baku mutu limbah cair lebih ketat daripada baku mutu limbah cair sebagaimana dimaksud Pasal 2 Keputusan ini, maka bagi kegiatan industri tersebut berlaku baku mutu limbah cair sebagaimana dipersyaratkan oleh Analisis Mengenai Dampak Lingkungan.
 - (4) Baku Mutu sebagaimana dimaksud pada ayat (1), (2) dan (3) pasal ini setiap saat tidak boleh dilampaui.

Pasal 3

- (1) Baku Mutu sebagaimana dimaksud Pasal 2 di atas ditetapkan untuk kadar maksimum, beban pencemaran maksimum dan volume limbah maksimum.
- (2) Penetapan debit limbah cair maksimum ini didasarkan pada produksi nyata bulanan dari industri yang bersangkutan.
- (3) Perhitungan debit limbah cair maksimum dan beban pencemaran maksimum ditetapkan sebagaimana tersebut dalam Lampiran III Keputusan ini.

Pasal 4

Setiap penanggung jawab kegiatan industri diwajibkan :

- a. Melakukan pengelolaan limbah cair, sehingga mutu limbah cair yang dibuang ke lingkungan tidak melampaui baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan.
- b. Membuat saluran pembuangan limbah cair tertutup dan kedap air, sehingga tidak terjadi perembesan ke tanah dan terpisah dengan saluran air hujan, serta menyediakan bak kontrol untuk memudahkan pengambilan contoh limbah cair.

- c. Tidak melakukan pengenceran limbah cair, termasuk mencampurkan buangan air bekas pendingin ke dalam aliran pembuangan limbah cair.
- d. Memasang alat ukur debit atau laju alir limbah cair dan melakukan pencatatan debit harian limbah cair.
- e. Memeriksa kadar parameter baku mutu limbah cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini secara periodik sekurang-kurangnya satu kali dalam sebulan, atas biaya penanggung jawab kegiatan.
- f. Melakukan pencatatan produksi bulanan senyatanya.
- g. Memasang hasil pemeriksaan kualitas limbahnya pada tempat yang mudah untuk dilihat.
- h. Menyampaikan laporan tentang catatan debit harian, kadar parameter baku mutu limbah cair dan produksi bulanan senyatanya sebagaimana dimaksud dalam huruf d, e dan f, sekurang-kurangnya satu kali dalam tiga bulan, kepada Gubernur dengan tembusan Kepala BAPEDAL, Instansi teknis yang membidangi industri yang bersangkutan dan Bupati/Walikota/madya Kepala Daerah Tingkat II.

Pasal 5

Pengujian mutu limbah cair dalam rangka pelaksanaan Pasal 4 huruf e, dilakukan oleh Laboratorium yang ditunjuk oleh Gubernur.

Pasal 6

Pembuangan limbah cair dengan cara diresapkan ke dalam tanah dilarang.

Pasal 7

- (1) Pengawasan terhadap pelaksanaan Keputusan ini dilakukan oleh Gubernur dalam hal ini Biro Bina Lingkungan Hidup Sekretariat Wilayah/Daerah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
- (2) Dalam rangka pelaksanaan pengawasan sebagaimana dimaksud ayat (1) pasal ini, Bupati/Walikota/madya Kepala Daerah Tingkat II dapat melakukan pemantauan.
- (3) Hasil Pemantauan sebagaimana dimaksud ayat (2) pasal ini dilaporkan kepada Gubernur, dalam hal ini Biro Bina Lingkungan Hidup Sekretariat Wilayah/Daerah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Pasal 8

- (1) Baku mutu limbah cair sebagaimana ditetapkan dalam Keputusan ini dapat ditinjau sekurang-kurangnya sekali dalam 5 (lima) tahun.
- (2) Pelanggaran terhadap ketentuan baku mutu limbah cair sebagaimana ditetapkan dalam keputusan ini dapat berakibat dicabutnya surat izin.

Pasal 9

Bagi kegiatan industri yang pengolahan limbah cairnya dilakukan oleh pihak lain akan diatur dengan Keputusan tersendiri.

Pasal 10

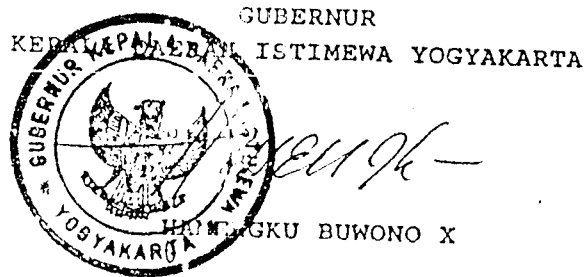
Dengan berlakunya Keputusan ini, maka Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 214/KPTS/1992 tentang Baku Mutu Lingkungan Daerah Untuk Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dinyatakan tidak berlaku, sepanjang berkaitan dengan baku mutu limbah cair kegiatan industri.

Pasal 11

Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di : Yogyakarta

Pada Tanggal : 10 NOPEMBER 1990



Salinan Keputusan ini disampaikan kepada :

1. Menteri Negara Lingkungan Hidup di Jakarta;
2. Menteri Dalam Negeri di Jakarta;
3. Menteri Perindustrian dan Perdagangan di Jakarta;
4. Ketua Badan Pengendalian Dampak Lingkungan di Jakarta;
5. Dirjen Pembangunan Daerah Dep. Dalam Negeri di Jakarta;
6. Dirjen PUOD Departemen Dalam Negeri di Jakarta;
7. Pimpinan DPRD Tingkat I Propinsi DIY;
8. Bupati/Walikota/Kotamadya KDH Tingkat II se DIY;
9. Kepala Kantor Wilayah Departemen se DIY;
10. Kepala Inspektorat Wilayah Propinsi DIY;
11. Kepala Dinas/Badan/Kantor dalam lingkup Pemda Propinsi DIY;
12. Kepala PPLH UGM Yogyakarta;
13. Kepala LAKFIP UGM Yogyakarta;
14. Kepala BTKL Yogyakarta;
15. Kepala Biro BLH Setwilda Propinsi DIY.

Untuk diketahui dan atau dipergunakan sebagaimana mestinya

LAMPIRAN III:
KEPUTUSAN GUBERNUR DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
NOMOR : 281/KPTS/898
TENTANG
BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN INDUSTRI
DAN KEGIATAN USAHA LAINNYA

PENJELASAN TENTANG PERHITUNGAN DEBIT LIMBAH CAIR MAKSIMUM DAN
BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM UNTUK MENENTUKAN MUTU LIMBAH CAIR

1. Debit Limbah Cair Maksimum

Penetapan baku mutu limbah cair pada pembuangan limbah cair melalui penetapan debit limbah cair maksimum, sehingga tercantum dalam Lampiran A.1 s/d A.14 untuk masing-masing jenis industri, didasarkan pada tingkat produksi bulanan yang sebenarnya. Untuk itu digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$DM = Vm \times Pb$$

Keterangan :

DM = Debit limbah cair maksimum yang dibolehkan bagi setiap jenis industri yang bersangkutan, dinyatakan dalam m^3 /bulan.

Vm = Volume limbah cair maksimum sebagaimana tercantum dalam ketentuan Lampiran A.1 s/d A.14, sesuai dengan dengan jenis industri yang bersangkutan, dinyatakan dalam m^3 limbah cair per satuan produk atau bahan baku.

Pb = Produksi atau Bahan Baku sebenarnya dalam sebulan, dinyatakan dalam satuan produk atau bahan baku yang sesuai dengan yang tercantum dalam Lampiran A.1 s/d A.14 untuk jenis industri yang bersangkutan.

2. Debit limbah cair yang sebenarnya dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$DA = Dp \times H$$

Keterangan :

DA = Debit limbah cair yang sebenarnya, dinyatakan dalam m^3 /bulan.

Dp = hasil pengukuran debit limbah cair, dinyatakan dalam m^3 /hari

H = jumlah hari kerja pada bulan yang bersangkutan

Dengan demikian penilaian debit adalah :

DA tidak boleh lebih besar dari DM

3. Beban Pencemaran

Penerapan baku mutu limbah cair pada pembuangan limbah cair melalui penetapan pencemaran maksimum sebagaimana tercantum dalam Lampiran A.1 s/d A.14 untuk masing-masing jenis industri, didasarkan pada jumlah unsur pencemar yang terkandung dalam volume limbah cair. Untuk itu digunakan perhitungan sebagai be