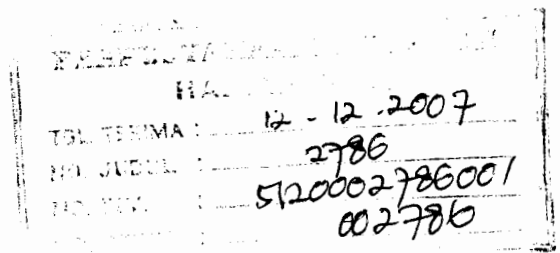


TA/TL/2007/0217



TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI *BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND* (BOD) PADA LINDI TPA PIYUNGAN DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Guna Memperoleh Derajat Sarjana Strata-1 Teknik Lingkungan



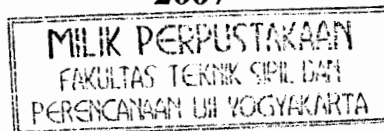
Oleh :

NAMA : ASTRIN MUZIARNI

NIM : 03 513 069

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

2007



LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR


PENURUNAN KONSENTRASI *BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND* (BOD) PADA LINDI TPA PIYUNGAN DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

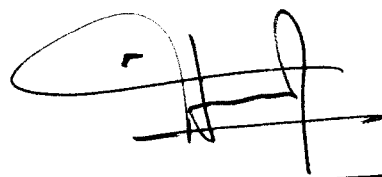
Nama : ASTRIN MUZIARNI
NIM : 03 513 069
Program Studi Teknik Lingkungan

Telah diperiksa & disetujui oleh:

LUQMAN HAKIM, ST, MSi
Pembimbing I

TATANG SHABUR J, SSi, MSi
Pembimbing II


Tanggal: 23/9/2007


Tanggal: 24 September 2007

HALAMAN PERSEMBAHAN

Syukurku kupanjatkan kepada Allah SWT,
Tempat memohon dan memasrahkan segalanya.
Nabi Muhammad SAW,
Junjunganku yang kunantikan syafaatnya.

Kalauku ingat, aku sering meneteskan dan merelakan air mataku untuk
membasahi wajahku...

Kalauku ingat semua... belum banyak yang aku lakukan dan aku berikan
untuk orang-orang yang aku sayangi dan aku cintai. Hanya doa yang aku
berikan semoga kita sejalu dalam lindungan-Nya

Sebuah karya kecilku yang kupersembahkan dengan penuh kebanggaan
kepada:

Umi Tercinta Hj. Rohalimah Asry

Dan

Mamik Tercinta Dra. H. Muzahir

Sebagai wujud kebanggaan, walaupun tidak sebanding dengan materi, cinta
dan kasih sayang yang tulus serta doanya yang tiada hentinya untukku.

Adik-adikku Tersayang:

Rosi ma Wais

Terimakasih ya.... atas dukungan, motivasi, doa dan kasih sayangnya untukku
Calon pendamping hidupku kelak.....

Allahu Robbi....

Jika harinya tiba, kau berikan padaku seseorang yang kan menjadi
pendampingku....

Maka pilihlah lah seseorang yang hatinya penuh dengan kasih- Mu
Seseorang yang bisa membimbingku, lurus kejalan ridho-Mu.....

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
KATAPENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
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	5
2.1 Lindi TPA Piyungan	5
2.1.1 Pengertian Lindi	6

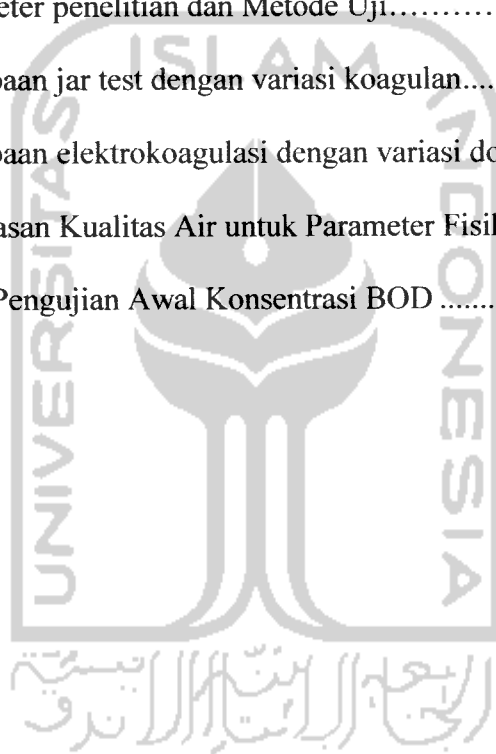
2.1.2	Proses Pembentukan Lindi.....	7
2.1.3	Karakteristik Lindi	8
2.1.4	Kualitas dan Kuantitas Lindi.....	10
2.1.5	Unsur- unsur yang ada dalam Lindi.....	11
2.1.6	Pergerakan Lindi Dalam Landfill.....	14
2.1.7	Pengaruh Lindi Dalam Polusi Udara.....	15
2.2	Sumber dan Karakteristik Air Limbah	16
2.2.1	Pengertian Limbah	16
2.2.2	Sumber Air Limbah.....	17
2.2.3	Komposisi Air Limbah.....	18
2.2.4	Karakteristik Air Limbah.....	19
2.2.5	Aerasi.....	21
2.3	Parameter Penelitian.....	22
2.3.1	Biological Oxygen Demand (BOD).....	22
2.4	Elektrokoagulasi	23
2.4.1	Sel Elektrolisis.....	27
2.4.2	Tembaga (Cu).....	28
2.4.3	Alumunium.....	28
2.5	Arus Listrik	29
2.6	Baffle Channel Flocculator.....	30
2.7	Sedimentasi.....	30

2.8	Filtrasi.....	32
2.9	Hipotesa	34
BAB III METODE PENELITIAN		35
3.1	Lokasi Penelitian.....	35
3.2	Objek Penelitian.....	35
3.3	Waktu Penelitian	35
3.4	Kerangka Penelitian	35
3.5	Parameter Penelitian dan Metode Uji.....	37
3.6	Variabel Penelitian.....	37
3.7	Tahap Penelitian.....	37
3.7.1	Bahan Penelitian.....	37
3.7.2	Alat yang digunakan dalam penelitian.....	38
3.8	Langkah Penelitiann.....	38
3.8.1	Tahap Persiapan.....	38
3.8.2	Pembuatan Alat Elektrokoagulasi.....	39
3.8.3	Tahapan Cara Kerja.....	41
3.9	Analisis Data.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1	Pra Studi.....	43
4.1.1	Desain Alat	43

4.1.2 Variasi Dosis Tawas 15000 dan 20000 ppm untuk BOD	49
4.1.3 Jenis dan dosis koagulan.....	51
4.1.4 Eektroda	58
4.1.5 Waktu Kontak	59
4.2 Parameter Fisik.....	60
4.2.1 pH.....	60
4.2.2 Daya Hantar Listrik (DHL).....	60
4.2.3 Total Suspended Solid (TSS).....	61
4.2.4 Total Disolved Solid (TDS).....	63
4.2.5 Warna.....	65
4.2.6 Salinitas.....	68
4.2.7 Suhu.....	70
4.2.8 Disolved Oksigen (DO).....	70
4.3 Konsentrasi BOD dalam Lindi TPA Piyungan.....	73
4.4 Efisiensi BOD.....	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No	Keterangan	Hal
Tabel 2.1	Kandungan unsur- unsur dalam Lindi	11
Tabel 2.2	Limbah Cair (Lindi) TPA Piyungan.....	13
Tabel 2.3	Karakteristik Limbah Domestik	20
Tabel 3.1	Parameter penelitian dan Metode Uji.....	37
Tabel 4.1	Percobaan jar test dengan variasi koagulan.....	54
Tabel 4.2	Percobaan elektrokoagulasi dengan variasi dosis tawas	58
Tabel 4.3	Ringkasan Kualitas Air untuk Parameter Fisik	72
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Awal Konsentrasi BOD	75



DAFTAR GAMBAR

No	Keterangan	Hal
Gambar 2.1	Sketsa pengolahan sampah menggunakan Sanitary Landfill ...	6
Gambar 2.2	Air Lindi TPA Piyungan	7
Gambar 2.3	Proses terbentuknya Lindi akibat adanya air eksternal yang berinfiltrasi ke dalam landfill.....	8
Gambar 2.4	Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air limbah.....	18
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian.....	36
Gambar 3.2	Rangkaian Desain Alat Elektrokoagulasi.....	40
Gambar 4.1	Bak Elektrokoagulasi dan magnetic steer barr	44
Gambar 4.2	Bak baffle channel flokulator	45
Gambar 4.3	Bak Sedimentasi	46
Gambar 4.4	Efisiensi Bak Sedimentasi	47
Gambar 4.5	Bak Filtrasi	48
Gambar 4.6	Efisiensi Bak Filtrasi	48
Gambar 4.7	Hubungan antara waktu Kontak dengan konsentrasi BOD pada tawas 15000 dan 20000 ppm.....	50
Gambar 4.8	Percobaan Jar Test.....	51
Gambar 4.9	Percobaan Jar Test menggunakan tawas	52
Gambar 4.10	Percobaan Jar Test menggunakan Ferro Sulfat	53

Gambar 4.11	Percobaan Jar Test menggunakan Ferro Sulfat dan kapur tohor	54
Gambar 4.12	Percobaan Elektrokoagulasi	55
Gambar 4.13	Percobaan Elektrokoagulasi menggunakan tawas 8 gr/500 ml	57
Gambar 4.14	Batangan anoda dari tembaga dan katoda dari alumunium.....	59
Gambar 4.15	Efisiensi DHL dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas	61
Gambar 4.16	Efisiensi TSS dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas	62
Gambar 4.17	Skema zat padat Total	64
Gambar 4.18	Efisiensi TDS dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas.....	65
Gambar 4.19	Efisiensi Warna dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas.....	67
Gambar 4.20	Variasi waktu kontak terhadap konsentrasi salinitas.....	69
Gambar 4.21	Lindi hasil Proses Elektrokoagulasi 15000 dan 20000 ppm.....	78
Gambar 4.22	Efisiensi Penurunan Konsentrasi BOD 15000 dan 20000.....	79
Gambar 4.23	Efisiensi Penurunan Konsentrasi BOD 15000 dan 20000.....	81
Gambar 4.24	Efisiensi Nitrat, Nitrit dan BOD.....	82
Gambar 4.25	Proses Reduksi Oksidasi pada Elektrokoagulasi.....	85
Gambar 4.26	Lapisan ganda listrik partikel koloid	87

PENURUNAN KONSENTRASI *BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND* (BOD) PADA LINDI (LEACHATE) TPA PIYUNGAN DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

INTISARI

Berbagai jenis pencemar baik yang berasal dari sumber domestik serta sumber non- domestik memasuki badan air. Pada umumnya TPA melalui proses dekomposisi sampah organik akan menghasilkan gas- gas dan cairan yang disebut lindi. Salah satu parameter yang ada pada Lindi yaitu BOD. Berdasarkan data pengujian awal, konsentrasi parameter BOD pada Lindi adalah 3223 mg/L, dimana konsentrasi tersebut melebihi standar baku mutu. Salah satu alternatifnya menggunakan metode elektrokoagulasi yaitu proses koagulasi kontinyu dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana salah satunya terbuat dari alumunium. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dosis koagulan dan waktu kontak dalam pengolahan menggunakan metode Elektrokoagulasi dan seberapa besar efisiensi penurunan konsentrasi BOD pada Lindi setelah proses Elektrokoagulasi tersebut.

Metode penelitian ini dilakukan dengan konsentrasi tawas yang berbeda yaitu dengan dosis 15000 dan 20000 dengan variasi waktu kontak 25 menit, 50 menit, 75 menit dan 100 menit. Dimensi dari bak Elektrokoagulasi terdiri dari panjang 40 cm, lebar 30 cm, tinggi 40 cm dan terbuat dari gelas fiber dengan tebal 0,3 cm sedangkan Dimensi dari Baffle Channel Flokulator terdiri dari panjang 60 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 40 cm dan terbuat dari kaca dengan ketebalan 0,4 cm.

Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa dengan metode Elektrokoagulasi mampu menurunkan konsentrasi BOD hingga sebesar 92 % dengan waktu kontak 100 menit pada dosis 15000 di bak filtrasi secara kontinyu. Penurunan konsentrasi BOD ini disebabkan karena terjadi proses reaksi dan reduksi di dalam reaktor Elektrokoagulasi dan pada waktu pengadukan terdapat proses aerasi dan semakin banyak dosis tawas yang digunakan dan waktu kontak yang lebih lama maka akan terjadi penurunan efisiensi yang baik Sehingga dihasilkan konsentrasi BOD lebih rendah dari inlet.

Kata kunci : Lindi, Biological Oxygen Demand (BOD), Elektokoagulasi, koagulan.

REMOVAL OF *BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND (BOD)* FROM LEACHATE TPA PIYUNGAN USING ELECTROCOAGULATION METHOD

ABSTRACT

Various type of pollutant are coming from domestic and non domestic source enter the body irrigate. Generally TPA through decomposition process of organic waste will produces gasses and liquid which is called Leachate. Pursuant to examination data of early, concentration of parameter BOD at Leachate is 3223 mg/L, where the concentration exceed the standart quality. One of the alternative waste processing able to degrade the parameter is by using Electrocoagulation process is a continue coagulation process with used an electrics in the same direction by pass electrochemical event. Where one of them is made from the Alumunium. Intention of this research is to identify the influence of koagulan doses and time contact in the process which use Electrocoagulation method and to identify the rate of efficiency of reducing BOD rate that contained inside leachate after Electrocoagulation process.

Research method with koagulan consentration different that is with doses 15000 and 20000 of variation time 25 minute, 50 minute, 75 minute and 100 minute. Dimention from Electrocoagulation consist of length 40 cm, , wide 30 cm, height 40 cm and made the fibre glass with thick 0,3 cm while dimention from Baffle Channel Flokulator consist of length 60 cm, , wide 40 cm, height 40 cm and made from glass with thick 0,4 cm.

Result from this research is known with Electrocoagulation can degrade the concentration of BOD till 92 % in with contact time 100 minute with doses 15000 in filtration by kontinyu. Degradation of concentration of BOD by happened oksidation and reduction proses in Electrocoagulation ractor and while shaking process there is an aeration and more Aluminium Sulphate doses and longer times will caused a decreation of good efisien so that produced BOD concentration less than inlet.

Keywords : Leachate, Biological Oxygen Demand (BOD), Electrocoagulation, coagulants.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Kota Yogyakarta terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pembangunan TPA ini dilakukan pada tahun 1992 dan mulai dioperasikan tahun 1995 di atas tanah seluas 12 hektar dengan kapasitas 2,7 juta meter kubik sampah, masa pakai diperkirakan mencapai 10 (sepuluh) tahun.

Pada umumnya TPA melalui proses dekomposisi sampah organik akan menghasilkan gas-gas dan cairan yang disebut Lindi (*Leachate*). Lindi mengandung bahan-bahan kimia, baik organik maupun anorganik dan sejumlah bakteri patogen. Dalam lindi tersebut mengandung amoniak, Krom dan mikroba parasit seperti kutu air (*sarcoptes sp*) yang dapat menyebabkan gatal-gatal pada kulit. Dengan demikian, buangan lindi yang berwarna keruh dan melebihi baku mutu limbah cair akan mencemari tanah dan sungai apabila tidak diolah terlebih dahulu.

Tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan ini mulai dioperasikan pada tahun 1995 dengan luas lahan 12,5 Ha. Pengoperasian sistem pengelolaan sampah akan berpengaruh terhadap pemanfaatan sumber daya alam, kesehatan dan kenyamanan masyarakat sekitarnya. Pengelolaan sampah di TPA Piyungan menggunakan metode *Controlled Landfill*, yaitu suatu metode peralihan antara metode *Open Dumping* dengan metode *Sanitary Landfill*.

Biasanya pada musim kemarau tidak akan terjadi luapan lindi, namun pada musim hujan air lindi memang sering meluap karena kapasitas bak penampung tak mampu menampung. Mengalirnya lindi yang menyebar dengan pergerakan secara vertikal dan horizontal akan mengikuti kondisi material dan kemiringan tanahnya. Buangan lindi inilah yang melebihi baku mutu limbah cair yang akan mencemari tanah dan sungai apabila tidak di olah terlebih dahulu. Dengan demikian akan berdampak negatif terhadap kualitas air di sekitar wilayah tersebut yang keberadaannya sangat dibutuhkan untuk kelangsungan makhluk hidup.

Departemen P.U (1995) menyatakan bahwa tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan memiliki IPAS (Instalasi Pengolahan Air Sampah) atau IPLC (Instalasi Pengolahan Limbah Cair), tetapi kinerjanya belum optimal. Hal ini menyebabkan lindi (efluen) masih mengandung zat pencemar dalam konsentrasi yang tinggi. Kadar zat pencemar yang tinggi ini akan mencemari lingkungan hidup sehingga akan memberikan dampak negatif antara lain bagi kesehatan manusia (bersifat racun, korosif dan iritasi) dan bagi lingkungan sendiri yaitu terhadap badan air dan kehidupan perairan.

Karena kondisi tersebut, maka sangat diperlukan pemikiran tentang pengolahan lindi tersebut, sehingga diharapkan lindi TPA Piyungan dapat memenuhi nilai ambang batas yang diijinkan, yaitu Baku Mutu Limbah Cair sesuai S.K. Gub DIY No: 281/KPTS/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi industri di DIY.

Seperti diketahui pengolahan air limbah yang sering digunakan adalah pengolahan secara konvensional akan tetapi pengolahan tersebut biayanya relative mahal, maka diperlukan alternative pengolahan yang lebih murah dan sederhana serta mempunyai tingkat efisiensi removal yang cukup tinggi yaitu dengan elektrokoagulasi.

Pencemaran air dapat menyebabkan kerugian ekonomi dan sosial, karena adanya gangguan oleh zat-zat beracun atau muatan bahan organik yang berlebih. Keadaan ini akan menyebabkan oksigen terlarut dalam air pada kondisi yang kritis, atau merusak kadar kimia air. Rusaknya kadar kimia air tersebut akan berpengaruh terhadap fungsi dari air. Besarnya beban pencemaran yang ditampung oleh suatu perairan, dapat diperhitungkan berdasarkan jumlah polutan yang berasal dari berbagai sumber aktifitas air buangan dari proses-proses industri dan buangan domestik yang berasal dari penduduk. Untuk mengetahui kualitas air dalam suatu perairan, dapat dilakukan dengan mengamati beberapa parameter kimia, seperti kebutuhan oksigen kimia (*Biochemical Oxygen Demand = BOD*) dan (*Chemical Oxygen Demand = COD*).

Air limbah umumnya mengandung bahan organik yang pengolahannya dapat dilakukan dengan proses biologis. Menurut Tjokrokusumo (1995) sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologis dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Pengolahan biologis pada dasarnya merupakan pengolahan air buangan dengan memanfaatkan mikroorganisme aktif yang dapat menstabilisir air buangan yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan partikel koloid yang tidak terendapkan, dan penguraian zat organik oleh mikroorganisme menjadi zat-zat yang stabil (Djajadiningrat, 1992).

1.2 Rumusan Masalah.

Berdasarkan uraian tersebut diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- a. Apakah Dosis koagulan dan waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan kadar BOD dalam Lindi (*Leachate*).
- b. Bagaimana tingkat efisiensi dari proses elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar BOD dalam Lindi (*Leachate*).

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini di batasi hal-hal sebagai berikut :

1. Lindi (*Leachate*) di ambil dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Kota Yogyakarta terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul.
2. Parameter yang dianalisa adalah kadar BOD terkandung dalam Lindi (*Leachate*).
3. Batangan Elektroda yang digunakan adalah Tembaga dan Alumunium
4. Variasi waktu yang digunakan adalah 25 menit, 50 menit, 75 menit dan 100 menit
5. Kualitas air limbah Lindi (*Leachate*) sesudah perlakuan menggunakan proses secara elektrokoagulasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh dosis koagulan dan waktu kontak dalam pengolahan yang menggunakan metode elektrokoagulasi.
2. Mengetahui tingkat efisiensi penurunan kadar BOD yang terkandung dalam Lindi (Leachate) setelah melalui proses elektrokoagulasi.
3. Mengetahui pengaruh kuat arus dan waktu kontak dalam pengolahan yang menggunakan metode elektrokoagulasi

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian dari penelitian ini adalah :

1. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang kadar BOD dalam Lindi (Leachate) yang memungkinkan adanya pencemaran terhadap lingkungan dan penurunan kadar BOD tersebut dengan metode elektrokoagulasi.
2. Dapat memberikan salah satu alternatif untuk pengolahan limbah Lindi (Leachate) secara sederhana atau menambah wawasan ilmu pengetahuan pengolahan limbah buangan.
3. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang pengolahan air limbah dengan metode elektrokoagulasi.

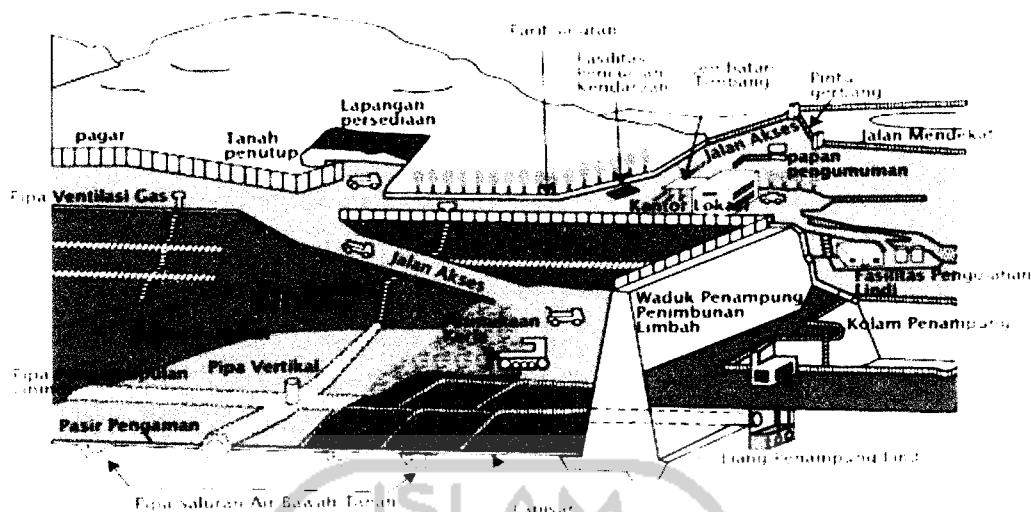
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lindi TPA Piyungan

Setiap harinya sekitar 300 rit atau truk ukuran besar pengangkut sampah masuk di lokasi TPA Piyungan, dan sekitar 250 – 270 rit adalah sampah-sampah yang berasal dari kota. Hal ini dapat dimaklumi karena kota penuh dengan pasar, hotel, mall dan permukiman padat penduduk sehingga tidak menyisakan lahan untuk pembuangan sampah. Jika petugas pengangkut sampah di Kabupaten Bantul dan Sleman bekerja sesuai dengan jam kerja (pagi-sore) petugas dari kota 24 jam harus *stand by* membawa sampah ke TPA.

Volume sampah setiap tahun yang didrop ke TPA Piyungan dari ketiga daerah itu memang beragam. Dari Kota Yogyakarta sebanyak 122.732 ton atau 79,87 persen dengan kontribusi Rp 1.035.636.080, Kabupaten Sleman 20.668 ton atau 13,45 persen dengan kontribusi Rp 174.399.716 dan Kabupaten Bantul 10.265 ton atau 6,68 persen dengan kontribusi Rp 86.616.364.

Pada musim kemarau tak akan terjadi luapan air lindi. Namun pada musim hujan air lindi memang sering meluap karena kapasitas bak penampung tak mampu menampung. Upaya pengendalian lindi yang dilakukan adalah pembuatan drainase dalam tanah untuk mengalirkan lindi yang selanjutnya diolah dengan empat bak aerob bertingkat. Sementara permasalahan yang timbul, terutama pencemaran udara, air tanah dan air permukaan. Bau tak sedap setiap hari muncul sekitar pukul 19.00 – 21.00. Hal itu disebabkan oleh timbunan sampah yang belum diolah meski system *sanitary landfill* mensyaratkan sampah yang dibuang harus dipadatkan untuk kemudian ditutup tanah setiap hari (Harian Kedaulatan Rakyat, 2005).



Gambar 2.1 Sketsa pengolahan sampah menggunakan *sanitary landfill*

Penanganan sampah di Indonesia pada umumnya menggunakan sistem *sanitary landfill* dimana sampah akan ditempatkan pada suatu lahan dan selanjutnya akan ditimbun dengan tanah. Sampah-sampah yang ditimbun tersebut akan mengalami proses dekomposisi/pembusukan oleh mikroorganisme dan menghasilkan suatu cairan yang disebut **lindi**. Lindi selain bersumber dari air yang terjadi dalam proses dekomposisi sampah juga berasal dari cairan yang masuk ke *landfill* baik dari air permukaan, air hujan, air tanah ataupun sumber-sumber lainnya. Lindi biasanya mengandung bahan-bahan organik terlarut serta ion-ion anorganik dalam konsentrasi yang tinggi (Damanhuri, 1993).

2.1.1 Pengertian Lindi

Lindi merupakan hasil dari proses anaerobik karena oksigen yang terdapat pada senyawa organik sampah telah berkurang dan mempunyai hasil akhir berupa pembentukan gas CH_4 dan SO_2 sebagai hasil dan proses dekomposisi yang berbentuk cairan dan mempunyai konsentrasi kimia yang cukup tinggi. Lindi yang tidak dikelola akan menyebabkan terjadinya proses dekomposisi sampah padat terhambat, karena syarat kelembaban nisbinya tidak terpenuhi, juga dapat menimbulkan

pencemaran udara karena bau busuk (H_2S) yang ditimbulkan dari proses dekomposisi bahan-bahan organik yang terkandung dalam lindi.



Gambar 2.2 Air lindi TPA Piyungan

2.1.2 Proses Pembentukan Lindi

Pada saat sampah berada dalam timbunan, maka akan terjadi proses dekomposisi yang ditandai oleh perubahan secara fisik, kimia dan biologi pada sampah. Menurut chen, 1975 proses yang terjadi yaitu:

1. Penguraian biologis bahan organik secara aerob dan anaerob yang menghasilkan gas dan cairan.
2. Oksidasi kimiawi.
3. Pelepasan gas dari timbunan sampah.
4. Pelarutan bahan organik dan anorganik oleh air dan lindi yang melewati timbunan sampah.
5. Perpindahan materi terlarut karena gradien konsentrasi dan osmosis.
6. Penurunan permukaan yang disebabkan oleh pemadatan sampah yang mengisi ruang kosong pada timbunan sampah.

Salah satu hasil dari rangkaian proses di atas adalah terbentuknya lindi yang berupa cairan akibat adanya air eksternal yang berinfiltrasi kedalam timbunan sampah. Air yang ada pada timbunan sampah ini antara lain berasal dari:

- a. Presipitasi atau aliran permukaan yang berinfiltrasi ke dalam timbunan sampah secara horisontal melalui tempat penimbunan.

- b. Kandungan air dari sampah itu sendiri.
- c. Air proses dekomposisi bahan organik dalam sampah.

Reaksi biologis akan terus berlangsung di dalam timbunan sampah menurut kondisi ada maupun tak ada oksigen serta tahapan proses dekomposisi, sehingga proses yang terjadi akan bersifat aerob dan anaerob. Sejalan dengan reaksi biologis akan terjadi pula reaksi kimia pembentukan lindi dan proses-proses yang lainnya.



Gambar 2.3 Proses terbentuknya lindi akibat adanya air eksternal yang berinfiltrasi ke dalam *landfill*

2.1.3 Karakteristik Lindi

Karakteristik lindi sangat bervariasi tergantung dari proses dalam *landfill* yang meliputi proses fisik, kimia dan biologis. Mikroorganisme di dalam sampah akan menguraikan senyawa organik yang terdapat dalam sampah menjadi senyawa organik yang lebih sederhana, sedangkan senyawa anorganik seperti besi dan logam lain dapat teroksidasi (Tchobanoglous, 1977).

Aktivitas didalam *landfill* umumnya mengikuti suatu pola tertentu, pada mulanya sampah terkomposisi secara aerobik, tetapi setelah oksigen di dalamnya habis maka mikroorganisme fakultatif dan aerob yang menghasilkan gas metan yang tidak berbau dan berwarna. Karakteristik penguraian secara aerobik adalah timbulnya karbondioksida, air dan nitrat sebagai pengurai, sedangkan penguraian secara

anaerobik menghasilkan metana, karbondioksida, air, asam organik, nitrogen, amoniak, sulfida, besi, mangan dan lain-lain.

Dekomposisi sampah akibat aktivitas mikrobia adalah sebagai berikut :

- Tahap I : Degradasi sampah dilakukan oleh mikroorganisme aerobik menjadi bentuk organik yang lebih sederhana, yakni karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O).
- Tahap II: Apabila oksigen pada udara yang tertangkap habis dikonsumsi oleh mikroorganisme aerobik dan diganti CO_2 , proses degradasi diambil alih oleh mikroorganisme yang perkembangannya atau tanpa adanya oksigen. Organisme ini akan memecah molekul organik menjadi yang lebih sederhana seperti hidrogen, amonia, air, karbondioksida dan asam organik.
- Tahap III: Pada tahap ini organisme anorganik berkembang dan menguraikan asam organik menjadi bentuk gas metana serta lainnya. Pada fase aerobik, pengaruh terhadap kualitas lindi yang ditemukan hanya sedikit.

Pada fase anaerobik lindi yang dihasilkan mempunyai kandungan organik yang tinggi, pH rendah, berbau dan perbandingan BOD/COD yang tinggi. Tingginya konsentrasi BOD dan COD disebabkan oleh asam organik yang ada, seperti asam asetat, butirat dan lain-lain.

Pada fase metagenesis sebagian besar karbon organik diubah menjadi gas, maka pada tahap tersebut konsentrasi organik berangsur-angsur menurun. Perbandingan konsentrasi BOD/COD menjadi rendah, pada fase ini pH meningkat menjadi sekitar 6.8-7.2 (Knox, 1985).

2.1.4 Kualitas dan Kuantitas Lindi

Kualitaas dan Kuantitas Lindi penting untuk diketahui untuk menentukan sistem pengolahan yang tepat dan bentuk memperkirakan efek-efek polusi dari lindi terhadap lingkungan.

Komposisi dan produktivitas lindi dipengaruhi oleh berbagai hal, seperti :

- a. Karakteristik sampah (organik/anorganik, mudah tidaknya terurai, mudah larut atau tidak)
- b. Hidrologi lokasi penimbunan sampah
- c. Klimatologi
- d. Kondisi TPA : umur timbunan sampah, kelembaban, temperature
- e. Sifat air yang masuk ke timbunan sampah
- f. Jenis operasi yang dilakukan ditempat penimbunan sampah (tanah penutup, dan sebagainya)

Faktor-faktor tersebut di atas sangat bervariasi pada satu tempat pembuangan sampah dengan tempat pembuangan yang lain, demikian pula aktivitas biologis serta proses yang terjadi pada timbunan sampah, baik secara aerob maupun anaerob.

Komponen utama yang terdapat dalam lindi dari land-fill antar lain adalah

1. Zat organik
2. Kalsium (Ca)
3. Besi (Fe)
4. Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$)
5. Tracemetal seperti : Mangan (Mn), timah hitam, serta komponen mikrobiologi

2.1.5 Unsur-unsur yang ada dalam Lindi

Dalam Lindi terdapat beberapa kandungan unsur- unsur yang dapat dilihat dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2.1 Kandungan Unsur-Unsur Dalam *Lindi*

No	Parameter	Konsentrasi mg/l	
		Range	Tipikal
1	BOD	2000-30000	10000
2	TOC	1500-20000	6000
3	COD	3000-45000	18000
4	Total Suspended Solid	200-1000	500
5	Organik Nitrogen	10-600	200
6	Amonia Nitrogen	10-800	200
7	Nitrat	5-40	25
8	Total Phospor	1-70	30
9	Otho Phospor	1-50	20
10	Alkaliniti	1000-1000	3000
11	PH	5,3-8,3	6
12	Total Hardness	300-10000	3000
13	Kalsium	200-3000	3500
14	Magnesium	50-1500	250
15	Potasium	200-2000	300
16	Natrium	200-2000	500
17	Klorida	100-3000	500
18	Sulfat	100-1500	300
19	Total Besi	50-600	6

Sumber : Tchobanoglous (1977)

Meningkatnya kualitas BOD didalam air akan semakin mendukung perkembangbiakan bakteri juga adanya zat hara N, P, K, yaitu media yang baik untuk pertumbuhan alga. Kedua hal ini semakin menambah kekeruhan. Air yang keruh sulit didesinfeksi karena mikroba terlindung oleh zat tersuspensi sehingga akan berbahaya

bagi kesehatan, bila mikroba itu patogen. Sementara masuknya Nitrat dan Nitrit dapat menyebabkan gangguan diare, keracunan kronis menyebabkan depresi umum, sakit kepala dan gangguan mental. Nitrit dapat bereaksi dengan hemoglobin membentuk methomoglobin (met-HB) sehingga penderita akan kekurangan oksigen. Sedangkan meningkatnya Nitrat akan menstimulasi pertumbuhan gangguan yang berlebih. Keberadaan amoniak yang berlebih di dalam air minum akan mempengaruhi rasa.

Secara lebih lengkap mengenai karakteristik lindi dari TPA Piyungan dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini :



Tabel 2.2 Limbah cair (*Lindi*) TPA Piyungan Yogyakarta

Parameter	Satuan	Kadar Max	Metode uji	Pemeriksaan
A. Fisika				
Zat padat terlarut (TDS)	Mg/L	2000	Gravimetri	7817
Temperatur				
TSS	°C	30	Pemuaian	28
B. Kimia				
Air Raksa	Mg/L	200	Spektrofotometri	636
Arsen	Mg/L	0.002	AAS	Ttd
Barium	Mg/L	0.1	Spektrofotometri	Ttd
Cadnium	Mg/L	2	AAS	0.009
Cromium	Mg/L	0.05	AAS	Ttd
Tembaga	Mg/L	0.1	Spektrofotometri	6.04
Sianida	Mg/L	2	AAS	0.41
Flourida	Mg/L	0.05	Spektrofotometri	Ttd
Krom (CR)	Mg/L	2	Spektrofotometri	< 0.5
Nikel	Mg/L	0.1	Spektrofotometri	0.4051
Nitrat	Mg/L	0.2	AAS	Ttd
Nitrit	Mg/L	20	Spektrofotometri	14.4476
Ammonia	Mg/L	1	Spektrofotometri	0.8409
Besi	Mg/L	1	Spektrofotometri	114.914
Mangan	Mg/L	5	Spektrofotometri	16.0
Sulfida	Mg/L	2	Spektrofotometri	4.0
Klorin bebas	Mg/L	0.05	Spektrofotometri	-
Seng	Mg/L	1	Gravimetri	0
Crom total	Mg/L	5	AAS	2.9
BOD	Mg/L	0.5	Spektrofotometri	10.64
COD	Mg/L	50	Titrimetri	2151.32
Phenol	Mg/L	100	Titrimetri	4729.67
Cobalt	Mg/L	0.5	Spektrofotometri	70.47
	Mg/L	0.4	AAS	0.28

(Sumber : TPA Piyungan 12 desember 2005)

2.1.6 Pergerakan Lindi Dalam *Landfill*

lindi yang terdapat pada dasar landfill dapat bergerak secara horizontal maupun vertikal tergantung dari karakteristik dan permeabilitas tanah (Damanhuri,1990). Selama lindi dalam tanah, nilai koefisien permeabilitas akan menurun sesuai dengan waktu, karena reaksi yang memperkecil ukuran pori.

Partikel tanah dengan permukaan halus yang menyebabkan aliran lindi lebih lambat, karena koefisien permeabilitas rendah, hal ini memungkinkan tanah tersebut memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk menahan zat padat yang terlarut. lindi bergerak dari kadar air jenuh ke tidak jenuh. Jika seluruh rongga di dalam tanah terisi oleh air, maka tanah tersebut dikatakan mencapai titik jenuh. Kemungkinan terjadi pengenceran lindi di dalam tanah sangat kecil karena aliran tanah sifatnya laminar.

Pola pencemaran lindi terhadap air tanah pada berbagai tekstur tanah menurut Scheneider (1970) dijelaskan sebagai berikut :

- a. Pada lapisan permeabel unsure pasir, kerikil, tuf kasar, batuan konglomerat, breksi. Lindi dari dasar *landfill* cepat merembes mencapai muka air tanah maka pergerakan lindi dipercepat oleh aliran air tanah.
- b. Pada lapisan impermeabel misalnya lempung, lanau dengan batuan induk yang rapat. Pergerakan lindi mencapai air tanah relatif.
- c. Pergerakan lindi pada batuan yang mengalami keretakan sangat dipengaruhi jarak dasar *landfill* TPA muka air tanah.

Masuknya lindi yang berupa materi organik atau anorganik terlarut ataupun tersuspensi kedalam air tanah menyebabkan pencemaran air tanah disekitarnya. Pencemaran air didefinisikan sebagai masuknya dan dimasukkannya makhluk hidup, energi dan atau komponen lain kedalam air sehingga kualitas air turun sampai ketinggian tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai peruntukannya (Departemen Pekerjaan Umum, 1994)

2.1.7 Pengaruh lindi terhadap polusi air

Air, meliputi semua air yang terdapat di dalam dan atau berasal dari sumber air yang terdapat di atas permukaan tanah. Air yang terdapat di bawah permukaan tanah dan air laut tidak termasuk dalam pengertian ini.

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan tidak lagi berfungsi sesuai peruntukannya.

Pada hakekatnya, pemantauan kualitas air pada saluran pembuangan limbah industri dan badan air penerima limbah industri pada dasarnya memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik kualitas limbah cair yang dihasilkan
2. Membandingkan nilai kualitas limbah cair dengan baku mutu kualitas limbah industri, dan menentukan beban pencemaran menurut KepGub. No. 281/KPTS/1998.
3. Menilai efektivitas instalasi pengolahan limbah industri yang dioperasikan
4. Memprediksi pengaruh yang mungkin ditimbulkan oleh limbah cair tersebut terhadap komponen lingkungan lainnya.

Pengaruh lindi terhadap polusi air adalah sebagai berikut :

- a.. Air permukaan yang terpolusi oleh lindi dengan kandungan organik yang tinggi, pada proses penguraian secara biologis akan menghabiskan kandungan oksigen dalam air dan pada akhirnya seluruh kehidupan yang bergantung pada oksigen akan mati.
- b. Air tanah yang tercemar oleh lindi yang berkonsentrasi tinggi, polutan tersebut akan tetap berada pada air tanah dalam jangka waktu yang lama karena terbatasnya oksigen yang terlarut. Sumber air bersih yang berasal dari air tanah terpolusi tersebut dalam jangka waktu yang lama tidak sesuai lagi untuk sumber air bersih

2.2 Sumber dan Karakteristik Air Limbah

2.2.1 Pengertian Limbah

Sebagian besar daerah di Indonesia terletak dalam daerah beriklim tropis dengan curah hujan yang tinggi. Karena itu secara mutlak sebagian besar dari daerah kita tidak kekurangan air. Namun dari hal itu kita dapatkan dua masalah besar.

Pertama, kita mempunyai iklim musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Pada umumnya kita mempunyai kebanyakan air dalam musim hujan dan kekurangan air pada musim kemarau. Karena itulah air dalam musim hujan harus kita simpan untuk digunakan dalam musim kemarau.

Kedua, terjadinya pencemaran. Pencemaran yang sangat umum terjadi ialah oleh limbah rumah tangga dan di daerah tertentu pencemaran oleh limbah industri juga serius. Kecuali itu pencemaran oleh residu pestisida telah terdapat di daerah yang luas, walaupun masih dalam kadar yang rendah (Sastrawijaya., T, 1991).

Pencemaran air ini diakibatkan oleh masuknya bahan pencemar (polutan) yang dapat berupa gas-gas, bahan-bahan terlarut dan partikulat. Pencemar memasuki badan air dengan berbagai cara, misalnya melalui atmosfer, tanah limpasan (*run off*), pertanian, air limbah domestik dan perkotaan, pembuangan air limbah industri dan lain-lain.

Menurut Sugiharto (2005) air limbah diartikan sebagai kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya. Dengan demikian air limbah ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum.

Umumnya air limbah diartikan sebagai air bekas yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari adanya berbagai kegiatan manusia sehari-hari. Air limbah tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan badan air. Polutan-polutan yang terdapat di dalam air limbah dapat dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu Suspended Solid (SS), Koloid, dan Zat terlarut.

Menurut UU RI No.23/97, 1997 pasal 1 Limbah adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan. Limbah merupakan sesuatu benda yang mengandung zat yang bersifat membahayakan atau tidak membahayakan kehidupan manusia, hewan serta

lingkungan, dan umumnya muncul karena hasil perbuatan manusia, termasuk industrialisasi.

Limbah yang digunakan adalah limbah yang berasal dari TPA Piyungan. TPA Piyungan terletak di Dusun Ngablak Desa Sitimulyo Kecamatan Piyungan Bantul dengan areal TPA berupa lembah dan perbukitan yang terletak pada ketinggian 80 m dari permukaan air laut. Limbah dari TPA ini adalah lindi hasil dari aktifitas mikroba yang berasal dari tumpukan sampah organik hasil dari aktifitas yang dilakukan masyarakat di Yogyakarta dan sekitarnya, dimana Sebagian besar masyarakat tersebut menggunakan bahan-bahan yang berbahaya bagi lingkungan apabila limbah yang dihasilkan tidak diolah terlebih dahulu. Limbah tersebut mengandung berbagai zat organik dan logam.

2.2.2 Sumber Air Limbah

Menurut Sugiharto (1987) sumber dan asal air limbah dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

a. Air limbah rumah tangga

Sumber utama air limbah rumah tangga dari masyarakat berasal dari perumahan dan daerah perdagangan. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga serta daerah fasilitas rekreasi.

b. Air limbah industri

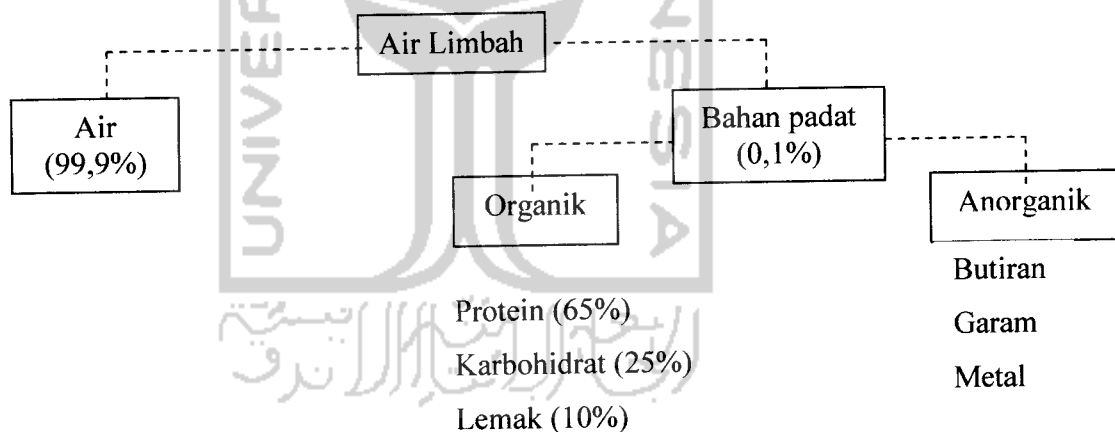
Jumlah aliran limbah yang berasal dari daerah industri sangat bervariasi tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, derajat pengolahan air limbah yang ada. Puncak tertinggi aliran selalu tidak akan dilewati apabila menggunakan tangki penahan dan bak pengaman, untuk memperkirakan jumlah air yang dihasilkan oleh industri yang tidak menggunakan proses basah diperkirakan $50 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{hari}$. Sebagai patokan dapat digunakan pertimbangan bahwa 85-95 % dari jumlah air yang dipergunakan adalah berupa air limbah apabila industri tersebut tidak menggunakan kembali air limbah. Apabila industri tersebut menggunakan kembali air limbahnya maka jumlahnya akan lebih kecil.

c. Air limbah rembesan dan tambahan

Apabila turun hujan di suatu daerah, maka air yang turun secara cepat akan mengalir masuk kedalam saluran pengering atau saluran hujan. Apabila saluran ini tidak mampu menampungnya, maka limpasan air hujan akan digabung dengan saluran air limbah, dengan demikian akan merupakan tambahan yang sangat besar. Oleh karena itu, perlu diketahui curah hujan yang ada sehingga banyak air yang akan ditampung melalui saluran air hujan atau saluran pengering dan saluran air limbah dapat diperhitungkan.

2.2.3 Komposisi Air Limbah

Sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Akan tetapi, secara garis besar zat-zat yang terdapat di dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada skema berikut ini.



Gambar 2.4 Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air limbah (Sugiharto, 1987).

2.2.4 Karakteristik air limbah

Menurut Siregar (2000), karakteristik air limbah meliputi sifat-sifat fisika, kimia, dan biologi. Dengan mengetahui jenis polutan yang terdapat dalam air limbah, dapat ditentukan unit proses yang dibutuhkan.

a. Karakter Fisika

Karakter fisika air limbah meliputi temperatur, bau, warna, dan padatan. Temperatur menunjukkan derajat atau tingkat panas air limbah yang diterakan kedalam skala-skala. Bau merupakan parameter yang subyektif. Pengukuran bau tergantung pada semsitivitas indera penciuman seseorang. Kehadiran bau-bauan yang lain menunjukkan adanya komponen-komponen lain di dalam air. Misalnya, bau seperti bau telur busuk menunjukkan adanya hidrogen sulfida. Pada air limbah, warna biasanya disebabkan oleh kehadiran materi-materi *dissolved*, *suspended*, dan senyawa-senyawa koloidal, yang dapat dilihat dari spektrum warna yang terjadi. Padatan yang terdapat di dalam air limbah dapat diklasifikasikan menjadi *floating*, *settleable*, *suspended* atau *dissolved*.

b. Karakter kimia

Karakter kimia air limbah meliputi senyawa organik dan senyawa anorganik. Senyawa organik adalah karbon yang dikombinasi dengan satu atau lebih elemen-elemen lain (O, N, P, H).saat ini terdapat lebih dari dua juta senyawa organik yang telah diketahui. Senyawa anorganik terdiri atas semua kombinasi elemen yang bukan tersusun dari karbon organik. Karbon anorganik dalam air limbah pada umumnya terdiri atas *sand*, *grit*, dan mineral-minera, baik *suspended* maupun *dissolved*. Misalnya: klorida, ion hidrogen, nitrogen, fosfor, logam berat dan asam.

c. Karakter Biologis

Mikroorganisme ditemukan dalam jenis yang sangat bervariasi hampir dalam semua bentuk air limbah, biasanya dengan konsentrasi 10^5 - 10^8 organisme/ml. Kebanyakan merupakan sel tunggal yang bebas ataupun berkelompok dan mampu melakukan proses-proses kehidupan (tumbuh, metabolisme, dan reproduksi). Secara tradisional, mikroorganisme dibedakan menjadi binatang dan

tumbuhan. Namun, keduanya sulit dibedakan. Oleh karena itu, mikroorganisme kemudian dimasukkan kedalam kategori protista, status yang sama dengan binatang ataupun tumbuhan. Virus diklasifikasikan secara terpisah. Keberadaan bakteri dalam unit pengolahan air limbah merupakan kunci efisiensi proses biologis. Bakteri juga berperan penting untuk mengevaluasi kualitas air.

Tabel 2.3 Karakteristik Limbah Domestik

Sifat- sifat	Penyebab	Pengaruh
Suhu	Kondisi udara sekitar	Mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen atau gas lain. Juga kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan.
Kekeruhan	Benda- benda tercampur seperti limbah padat, garam, tanah, bahan organik yang halus, algae, organisme kecil.	Memantulkan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan.
Warna	Benda terlarut seperti sisa bahan organik dari daun dan tanaman.	Umumnya tidak berbahaya, tetapi berpengaruh terhadap kualitas air.
Bau	Bahan volatil, gas terlarut, hasil pembusukan bahan organik.	Mengganggu estetika.
Rasa	Bahan penghasil bau, benda terlarut dan beberapa ion.	
Benda Padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut atau tercampur.	Mempengaruhi jumlah organik padat.

Sumber : Sugiharto, 1987

2.2.5 Aerasi

a. Prinsip Aerasi

Aerasi merupakan suatu sistem oksidasi melalui penangkapan O_2 dari udara pada air olahan yang akan diproses. Pemasukan oksigen ini bertujuan agar O_2 diudara dapat bereaksi dengan kation yang ada didalam air olahan. Reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksigen logam yang sukar larut dalam air sehingga dapat mengendap. Jadi prinsip dasar dari aerasi yaitu pertukaran tempat suatu substansi dari air ke udara atau sebaliknya terjadi pada permukaan atau pertemuan antara udara dan air.

Tujuan aerasi adalah:

1. Menurunkan konsentrasi materi- materi penyebab rasa dan bau.
2. Mengoksidasi besi dan mangan, yang tidak dapat terlarutkan dan melarutkan gas didalam air.
3. Menghilangkan senyawa- senyawa pengganggu, contoh penghilangan hidrogen sulfida sebelum khlorinasi dan menghilangkan karbon dioksida sebelum pelunakan.

b. Jenis aerator

Empat tipe aerator yang umum digunakan yaitu Gravity aerators, *Spray aerators*, *Diffusers*, dan *mechanical aerators*. Pertimbangan desain terbesar untuk semua tipe aerator adalah untuk menyediakan *interface* (bidang pemisah) maksimal antara udara dan air pada pengeluaran energi yang minimal. Jenis dari aerator tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Gravity aerators*
2. *Spray aerator*
3. *Diffused-air aerator*
4. *Mechanical aerators*

2.3 Parameter Penelitian

2.3.1 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terkandung didalam air pada kondisi *aerobic* (Djajadiningrat,1992). Semakin banyak zat organik, semakin besar kebutuhan dan nilai BOD semakin besar. Bila zat organik sedikit maka kebutuhan oksigen kecil dan nilai BOD juga kecil. Nilai BOD dapat dijadikan indicator pencemar bahan organik dalam air.

Tujuan pengolahan limbah cair adalah menurunkan kadar zat-zat yang terkandung didalam air limbah sampai memenuhi persyaratan effluent yang berlaku dan untuk melindungi kesehatan masyarakat (Djajadiningrat 1992). Air limbah umumnya mengandung bahan organik yang pengolahannya dapat dilakukan dengan proses biologis. Menurut Tjokrokusumo (1995) sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologis dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Pengolahan biologis pada dasarnya merupakan pengolahan air buangan dengan memanfaatkan mikroorganisme aktif yang dapat menstabilisir air buangan yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan partikel *koloid* yang tidak terendapkan, dan penguraian zat organik oleh mikroorganisme menjadi zat-zat yang stabil (Djajadiningrat,1992).

BOD hanya menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologis (*biodegradable*). Bahan organik ini dapat berupa lemak, protein, glukosa, aldehida, ester, dan sebagainya. Dekomposisi selulosa secara biologis berlangsung relatif lambat. Bahan organik merupakan hasil pembusukan tumbuhan dan hewan yang telah mati atau hasil buangan dari limbah domestik dan industri.

Perbedaan antara COD dan BOD (Benefield dan Randall, 1980), yaitu :

1. Angka BOD adalah jumlah komponen organik *biodegradable* dalam air buangan, sedangkan tes COD menentukan total organik yang dapat teroksidasi, tetapi tidak dapat membedakan komponen *biodegradabl / non biodegradable*.

2. Beberapa substansi inorganik seperti sulfat dan tiosulfat, nitrit dan besi ferrous yang tidak akan terukur dalam tes BOD akan teroksidasi oleh kalium dikromat, membuat nilai COD inorganik yang menyebabkan kesalahan dalam penetapan komposisi organik dalam laboratorium.
3. Hasil COD tidak tergantung pada aklimasi bakteri, sedangkan hasil tes BOD sangat dipengaruhi aklimasi seeding bakteri.

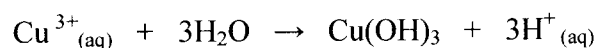
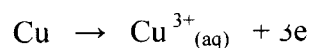
Banyaknya BOD yang dibutuhkan sampai semua zat organik telah diuraikan oleh mikroorganisme disebut BOD ultimate. Untuk menunggu sampai semua zat organik diuraikan akan memerlukan waktu lama sehingga dalam praktek ditetapkan bahwa waktu biooksidasi adalah 5 hari pada suhu 20 °C atau disebut BOD (Mahida, 1981).

2.4 Elektrokoagulasi

Proses koagulasi adalah proses pencampuran koagulan dengan air sedemikian rupa sehingga membentuk campuran yang homogen, yaitu koagulan tersebar merata di setiap bagian air. Koagulan yang tersebar merata disebut inti flok. Jadi larutan homogen pada proses koagulasi yaitu inti flok yang berasal dari koagulan akan tersebar merata di seluruh bagian air.

Proses elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinue dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana salah satu elektrodanya terbuat dari aluminium. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi oksidasi, yang mengandung logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutub negatif sedangkan elektroda positif (Cu) akan teroksidasi menjadi $[\text{Cu}(\text{OH})_3]$ yang berfungsi sebagai koagulan (Edi. H, 2005).

Reaksi pembentukan inti flok $[\text{Cu}(\text{OH})_3]$ sebagai hasil reaksi oksidasi tembaga:



Proses elektrokoagulasi memiliki kelebihan dan kekurangan dalam mengolah limbah cair.

a. Kelebihan Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi dalam pengolahan limbah sudah dilakukan sejak ratusan tahun yang lalu, tetapi nanti abad 20 ini telah ditemukan berbagai pengembangan teknologi tentang elektrokoagulasi, berikut ini kelebihan dari elektrokoagulasi :

1. Elektrokoagulasi memerlukan peralatan sederhana dan mudah untuk dioperasikan.
2. Flok yang dihasilkan elektrokoagulasi ini sama dengan flok yang dihasilkan koagulasi biasa.
3. Keuntungan dari elektrokoagulasi ini lebih cepat mereduksi kandungan koloid/partikel yang paling kecil, hal ini disebabkan pengaplikasian listrik kedalam air akan mempercepat pergerakan mereka didalam air dengan demikian akan memudahkan proses.
4. Gelembung-gelembung gas yang dihasilkan pada proses elektrokoagulasi ini dapat membawa polutan ke atas air sehingga dapat dengan mudah dihilangkan.

b. Kelemahan Elektrokoagulasi

Ada beberapa kekurangan elektrokoagulasi ini, berikut ini kekurangan dari proses elektrokoagulasi :

1. Tidak dapat digunakan untuk mengolah limbah cair yang mempunyai sifat elektrolit cukup tinggi dikarenakan akan terjadi hubungan singkat antar elektroda.
2. Besarnya reduksi logam berat dalam limbah cair dipengaruhi oleh besar kecilnya arus voltase listrik searah pada elektroda, luas sempitnya bidang kontak elektroda dan jarak antar elektroda.
3. Penggunaan listrik yang mungkin mahal.
4. Batangan anoda yang mudah mengalami korosi sehingga harus selalu diganti.

Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi yaitu sebagai akibat adanya arus listrik (DC). Pada reaksi ini terjadi

pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif bergerak katoda yang bermuatan negatif dan ion-ion ini disebut kation (bermuatan positif) sedangkan ion-ion negatif bergerak ke anoda yang bermuatan positif yang kemudian ion-ion tersebut dinamakan sebagai anion (bermuatan negatif).

Elektroda dalam proses elektrokoagulasi merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Elektroda tempat terjadi reaksi reduksi disebut katoda sedangkan tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda. Sehingga reaksi yang terjadi pada elektroda tersebut sebagai berikut :

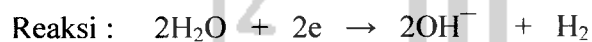
a. Reaksi pada katoda :

Pada anoda akan terjadi reaksi-reaksi reduksi terhadap kation, yang termasuk dalam kation ini adalah ion H^+ dan ion-ion logam.

1. Ion H^+ dari suatu asam akan direduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas.



2. Jika larutan mengandung ion-ion logam alkali, alkali tanah, maka ion-ion ini tidak dapat direduksi dari larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen (H_2) pada katoda.

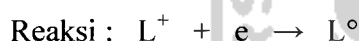


Dari daftar E° (deret potensial logam atau deret volta) maka akan diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah berlangsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air) : K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, (H), Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

Dengan memakai deret volta, kita memperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

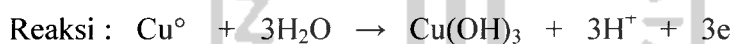
- a. Logam-logam yang terletak di sebelah kiri H memiliki E° negatif sedangkan logam-logam yang terletak di sebelah kanan H memiliki E° positif .
- b. Makin ke kanan letak suatu logam dalam deret volta, harga makin E° besar. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kanan mudah mengalami reduksi serta sukar mengalami oksidasi.

- c. Makin ke kiri letak suatu unsur dalam deret volta, harga E° makin kecil. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kiri sukar mengalami reduksi serta mudah mengalami oksidasi.
- d. Oleh karena unsur-unsur logam cenderung melepaskan elektron (mengalami oksidasi), maka logam-logam di sebelah kiri merupakan logam-logam yang aktif (mudah melepaskan elektron), sedangkan logam-logam di sebelah kanan merupakan logam-logam yang sukar melepaskan elektron. Emas terletak di ujung paling kanan, sebab emas paling sukar teroksidasi.
- e. Makin ke kanan, sifat reduktor makin lemah (sukar teroksidasi). Makin ke kiri, sifat reduktor makin kuat (mudah teroksidasi). Itulah sebabnya, unsur-unsur dalam deret volta hanya mampu mereduksi unsur-unsur di kanannya, tapi tidak mampu mereduksi unsur-unsur di kirinya.
- f. Jika larutan mengandung ion-ion logam lain maka ion-ion logam akan direduksi menjadi logamnya dan terdapat pada batang anoda.

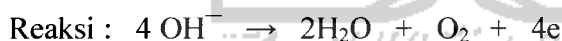


b. Reaksi pada anoda

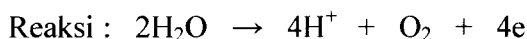
1. anoda terbuat dari logam tembaga akan tereduksi.



2. Ion OH^- dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksidasi (O_2).



3. Anion-anion lain (SO_4^- , SH_3^-) tidak dapat dioksidasi dari larutan, yang akan mengalami oksidasi adalah pelarutnya (H_2O) membentuk gas oksigen (O_2) pada anoda.



Dari reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses elektrokoagulasi, maka pada katoda akan dihasilkan gas hidrogen dan reaksi ion logamnya. Sedangkan pada anoda akan dihasilkan gas halogen dan pengendapan flok-flok yang terbentuk

Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi

elektrolit, dimana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi (Johanes, 1978).

Karena dalam proses elektrokoagulasi ini menghasilkan gas yang berupa gelembung-gelembung gas, maka kotoran-kotoran yang terbentuk yang ada dalam air akan terangkat ke atas permukaan air. Flok-flok yang terbentuk ternyata mempunyai ukuran yang relatif kecil sehingga flok-flok yang terbentuk tadi lama-kelamaan akan bertambah besar ukurannya.

Proses pengendapan adalah pemisahan dengan pengendapan secara gravitasi dari partikel-partikel padat di dalam air. Proses dimaksud dapat menurunkan partikel-partikel discret yang mengendap dengan kecepatan konstan dan pengendapan partikel-partikel flok yang mempunyai kecepatan mengendap dipengaruhi pertambahan floknya sendiri.

2.4.1 Sel Elektrolisis

Suatu zat yang dapat menerima ion – ion atau menyerahkan ion dimana ia tercelup di dalam suatu larutan dinamakan elektrokimia. Sel elektrokimia yang bila diterusi arus listrik menghasilkan reaksi reduksi pada katoda dan anoda.

Elektroda dalam proses elektrokoagulasi sangat penting, karena elektroda merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari bahan tembaga dan aluminium. Karena selain mudah didapat di pasaran juga mempunyai sifat yaitu tahan terhadap korosi, merupakan penghantar yang baik, merupakan konduktor yang kuat dan dapat mereduksi dan mengoksidasi logam.

2.4.2 Tembaga (Cu)

Tembaga dengan nama kimia Cuprum dilambangkan dengan nama Cu. Unsur logam ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam table periodic unsur – unsur kimia tembaga mempunyai nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau berat atom (BA) 63,546. Tembaga murni berwarna merah dan bersifat ulet, oleh karena itu dapat dikerjakan dengan baik secara penempaan, pengelasan dan lainnya. Berat jenis tembaga murni adalah 8,29. Tembaga dalam perdagangan umumnya kurang murni dan kurang padat, karena berat jenisnya rata – rata hanya 8,2 (Wilogo, 1982). Terhadap unsur kimia tembaga kurang dapat bertahan, dalam lingkungan udara yang lembab bagian luar tembaga tersebut akan tertutup suatu lapisan kulit yang berwarna hijau yaitu tembaga asam arang (patina). Tembaga mempunyai sifat yang elektropositif (mulia), tembaga mudah diendapkan oleh logam yang daya hantar listriknya lebih tinggi.

2.4.3 Aluminium

Aluminium termasuk dalam periode ketiga dalam sistem yang masuk unsur logam dan termasuk kedalam III A.

Sifat-sifat aluminium adalah:

1. Sifat fisik
 - a. Berwarna keperakan
 - b. Mempunyai kerapatan 2,7 gr/ml
 - c. Titik leleh 660° C
 - d. Titik didih 2.400° C
 - e. Merupakan penghantar listrik yang baik
 - f. Tahan terhadap korosi.
2. Sifat kimia
 - a. Aluminium merupakan konduktor yang kuat dengan nilai potensial – 1.66 volt.
 - b. Dalam bentuk bubuk, aluminium mudah terbakar, menghasilkan panas. Reaksi 339 Kkal

- c. Alumunium dapat bereaksi dengan asam basa, karena bersifat amfoter. Unsur lain yang termasuk amfoter adalah Zn, Mn, Sn, Pb, Sb

Alumunium digunakan antara lain untuk :

1. Mereduksi dan mengoksidasi logam;
2. Alumunium sulfat $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 17H_2O]$ digunakan untuk pengolahan
3. Alumunium dibuat katalis. (Sawyer, 1978)

2.5 Arus Listrik

Dalam proses elektrokoagulasi arus yang digunakan yaitu arus searah yang berfungsi sebagai sumber listrik yang dapat memberikan arus listrik secara konstan terhadap waktu. Sehingga disebut searah karena medianya selalu sama meskipun besarnya berubah-ubah (Johanes, 1978).

Dalam hal ini arus didefinisikan sebagai jumlah perpindahan rata-rata dari muatan positif yang melewati per satuan waktu.

$$i = \frac{Q}{t}$$

Satuan MKS dari arus adalah 1 coulomb per detik disebut 1 ampere. Banyak zat yang dihasilkan dari reaksi elektrokoagulasi sebanding dengan banyaknya arus listrik yang dialirkan ke dalam larutan. Hal ini dapat digambarkan dengan hukum Faraday I:

$$\frac{Q}{t} = \frac{ixt}{F}$$

Dimana :

W = massa zat yang dihasilkan

e = bobot ekivalen = $\frac{Ar}{n}$

i = arus dalam ampere

t = waktu dalam satuan detik

F = tetapan Faraday dimana 1 faraday = 96500 coulomb

i x t = arus dalam satuan coulomb

$$\frac{ixt}{F} = \text{arus dalam satuan faraday}$$

$$\frac{W}{e} = \text{gram ekuivalen (grek)}$$

Grek adalah mol elektron dari suatu reaksi yang sama dengan perubahan bilangan oksidasi 1 mol zat. Maka dari rumus di atas diperoleh :

Jumlah = grek = mol elektron.

Dalam penentuan massa zat yang dihasilkan dalam reaksi elektrokoagulasi, biasanya data yang diketahui adalah A_r bukan $e = \frac{A_r}{n}$,

sehingga rumus Faraday I menjadi :

$$W = \frac{exixt}{F}$$

Dimana :

n = valensi atau banyaknya mol elektron untuk setiap 1 mol zat.

2.6 Baffle Channel Flocculator

Pada penelitian ini sebagai pengaduk lambatnya digunakan *baffle channel flocculator*. *Baffle channel flocculator* ini termasuk jenis pengadukan hidrolis, yang mana pengadukan ini memanfaatkan gerakan air sebagai tenaga pengadukan. Pada pengadukan lambat ini, energi hidrolis yang diharapkan cukup kecil dengan tujuan menghasilkan gerakan air yang mendorong kontak antar partikel tanpa menyebabkan pecahnya gabungan partikel yang telah terbentuk. (Masduki dan Slamet, ITS 2002).

2.7 Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu unit operasi untuk menghilangkan materi tersuspensi atau flok kimia secara gravitasi. Proses prasedimentasi pada pengolahan air limbah umumnya untuk menghilangkan padatan tersuspensi sebelum dilakukan proses pengolahan selanjutnya.

Sedimentasi lazim dikerjakan pada sumber air baku yang akan diolah menjadi air bersih. Pengendapan/sedimentasi adalah proses fisik yang memisahkan antara padat dengan cairan dengan menggunakan cara gravitasi.

Sedimentasi dapat dikatakan pula unit operasi yang bertujuan untuk mengurangi salah satu parameter fisis yaitu kekeruhan, kekeruhan ini adalah masuknya hasil penggerusan batuan yang dilalui selama perjalanan air mulai dari sumber sampai ke instalasi pengolahan.

Kebanyakan *impurities* air hadir dalam bentuk material tersuspensi yang tetap melayang-layang atau mengambang dalam cairan yang mengalir akan tetapi dapat bergerak ke arah vertikal (ke bawah) akibat pengaruh gravitasi jika berada dalam cairan diam (*quiescent*) atau *semi-quiescent*. Biasanya berat jenis partikel tersebut lebih besar daripada berat jenis cairan disekelilingnya sehingga sedimentasi dapat terjadi.

Tipe Bak Sedimentasi dapat dibagi menjadi :

a. Rectangular tanks

Bak ini berbentuk segi empat, terkadang dilengkapi dengan *baffle* yang berfungsi untuk memperbesar beban permukaan, untuk mengurangi kecepatan aliran air, dan juga berfungsi untuk menghindari adanya aliran pendek (*short circuiting*).

b. Circular tanks

Circular tanks dapat dibedakan dua macam berdasarkan pada aliran air yang masuk ke dalam *tanks*, yaitu :

1. Radial flow circular tanks

Air masuk melalui pipa *inlet* yang diletakkan di pusat tangki pengendap, kemudian oleh *deflektor* air dialirkan ke arah radial-horizontal menuju tepi tangki pengendap (*outlet*). Lumpur endapan mengumpul di pusat tangki.

2. Circumferensial flow circular tank

Air baku masuk ke dalam tangki pengendap melalui beberapa celah *inlet*, kemudian oleh lengan putar, air yang masuk dialirkan ke sekeliling lingkaran bak pengendap. Bersamaan dengan itu lumpur endapan dapat mengendap ke

dasar bak dan terkumpul dalam zona lumpur, sedangkan air bersih masuk ke dalam *outlet* tangki pengendap.

3. *Hopper bottom tanks (vertikal flow tanks)*

Air baku dialirkan secara vertikal (baik ke bawah maupun ke atas). Pada pusat tangki diletakkan *deflector* dimana air baku masuk dari bagian atas ke dalam *deflector*, kemudian air turun ke bawah serta keluar lagi dari *deflector* menuju *outlet*. Partikel suspensi akan mengumpul pada zona lumpur sewaktu aliran ke bawah. Pada saat aliran ke atas (*up flow*), partikel-partikel suspensi tidak akan ikut aliran air ke atas, oleh karena partikel lumpur memiliki berat jenis yang lebih besar dibandingkan dengan air.

Kriteria-kriteria yang diperlukan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi adalah : surface loading (beban permukaan), kedalaman bak dan waktu tinggal.

2.8 Filtrasi

Tujuan penyaringan adalah untuk memisahkan padatan tersuspensi dari dalam air yang diolah. Pada penerapannya filtrasi digunakan untuk menghilangkan sisa padatan tersuspensi yang tidak terendapkan pada proses sedimentasi. Pada pengolahan air buangan, filtrasi dilakukan setelah pengolahan kimia-fisika atau pengolahan biologi.

Unit filtrasi adalah suatu proses penjernihan air dari unit sedimentasi dilewatkan pada suatu media saringan sehingga terjadi pemisahan antara air dengan partikel-partikel yang tersuspensi dan koloid. Filtrasi diperlukan untuk menyempurnakan penurunan kadar kontaminan seperti bakteri, warna, rasa, bau dan Fe sehingga diharapkan diperoleh air yang bersih yang memenuhi standart kualitas air minum.

Filter dibedakan menjadi dua macam yaitu saringan pasir lambat dan saringan pasir cepat. Saringan pasir lambat dikembangkan pada tahun 1829 oleh James Simpson pada perusahaan air minum Inggris. Saringan pasir cepat dikembangkan di USA selama periode tahun 1900-1910. Saringan pasir cepat lebih banyak

dimanfaatkan dalam sistem pengolahan air minum. Filter juga dapat dibagi berdasarkan cara pengalirannya, yaitu *gravity filter* dan *pressure filter*.

Dalam proses filtrasi dapat dihilangkan bakteri, warna, bau, rasa serta kadar Fe. Proses yang terjadi pada filter adalah :

a. Penyaringan mekanis

Proses ini dapat terjadi pada filter cepat maupun lambat. Media yang dipergunakan dalam filtrasi adalah pasir yang mempunyai pori-pori yang cukup kecil. dengan demikian partikel-partikel yang mempunyai ukuran butir lebih besar dari pori-pori media dapat tertahan.

1. *Pengendapan*

Proses ini hanya dapat terjadi pada filter lambat. ruang antar butir pasir berfungsi sebagai bak pengendap kecil. Partikel-partikel yang mempunyai ukuran kecil sekalipun, serta koloidal dan beberapa macam bakteri akan mengendap dalam ruang antar butir pasir (*adsorpsi*).

2. *Biological Action*

Proses ini hanya dapat terjadi pada filter saringan lambat. Suspensi-suspensi yang terdapat di dalam air mengandung organisme-organisme. Organisme tersebut membentuk lapisan di atas media filter yang disebut dengan lapisan lendir (*smudt decke*) filter. Dengan adanya lapisan lendir ini mikroorganisme yang terdapat di dalam air akan tertinggal di situ, sehingga air filtrat tidak mengandung mikroorganisme/ bakteri lagi.

Filter dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

1. Saringan Pasir Lambat

Adalah suatu alat untuk proses penjernihan air yang akan diolah, yang dilewatkan pada suatu media dengan kecepatan yang relatif rendah. Kecepatan ini dipengaruhi oleh diameter butiran pasir yang lebih kecil agar dapat menyaring bakteriologi di dalam air selain koloid yang ada dalam proses pengolahan sebelumnya. Pencucian dilakukan dengan cara mengambil media filter bagian paling atas setebal 3-5 cm untuk dicuci di luar filter. Efisiensi dari saringan pasir lambat cukup besar, kurang lebih 98 % - 99 % bakteri

dapat tertahan sedangkan partikel-partikel suspensi hampir 100 %. Saringan ini juga menghilangkan efek bau, rasa dan warna dalam air.

2. Saringan pasir cepat

Adalah suatu alat untuk proses penjernihan air, air yang akan diolah di lewatkan pada suatu media dengan kecepatan yang relatif tinggi. Selama proses tersebut kualitas air membaik dengan penyisihan sebagian materi yang tersuspensi, pengurangan jumlah bakteri dan organisme lain, dan perubahan-perubahan unsur kimia.

Berdasarkan medianya saringan dapat dibedakan menjadi :

1. Media tunggal

Media penyaringan hanya terdiri atas satu jenis media, yaitu pasir atau pecahan arang antrasit.

2. Media ganda

Media penyaringan terdiri atas dua jenis media yaitu biasanya digunakan antrasit dan pasir.

3. Multi media

Media penyaringan terdiri dari antrasit, pasir dan garnet.

2.9 Hipotesa

Berdasarkan perumusan masalah dan tujuan penelitian, maka dapat dikemukakan hipotesa sebagai berikut :

Variasi Dosis koagulan dan waktu kontak berpengaruh terhadap efisiensi penurunan kadar BOD pada limbah Lindi (Leachate)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel yaitu di Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Kota Yogyakarta terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta dan sebagai tempat analisa sampel yaitu di Laboratorium Teknik Lingkungan, UIH, Yogyakarta.

3.2. Obyek Penelitian

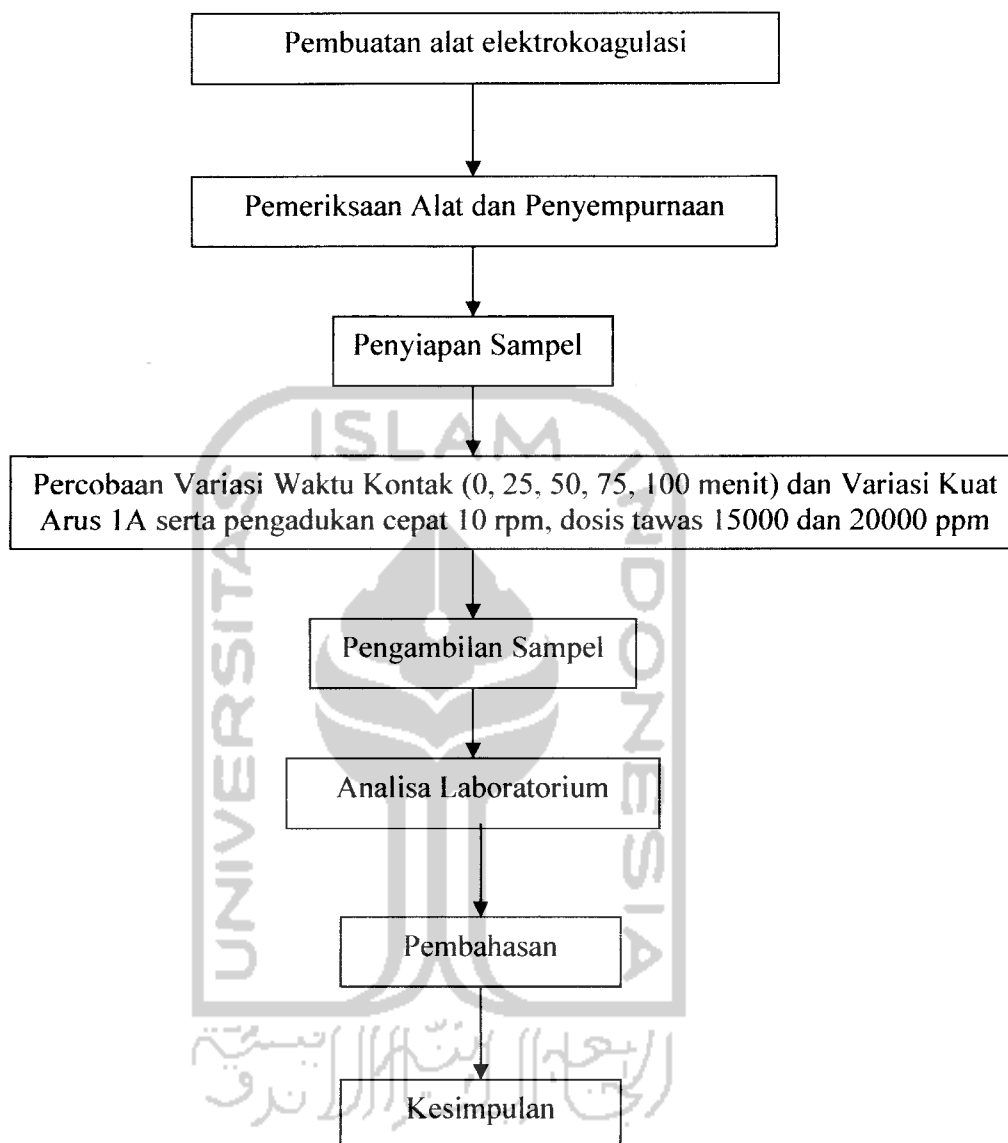
Air Lindi (Leachate) yang diambil dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Kota Yogyakarta terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Sebagai obyek penelitiannya adalah BOD.

3.3. Waktu Penelitian

Waktu penelitian diawali dari studi lapangan, pembuatan proposal, pengambilan sampel, perlakuan sampel, pemeriksaan sampel, analisa data laboratorium sampai penyusunan laporan.

3.4. Kerangka Penelitian

Adapun kerangka penelitian untuk tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram penelitian yaitu pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka penelitian

3.5 Parameter Penelitian dan Metode uji

Dalam penelitian ini parameter yang akan diperiksa yaitu BOD. Pada tabel 3.1 dapat dilihat parameter penelitian dan metode uji parameter.

Tabel 3.1 Parameter Penelitian dan Metode Uji

No	Parameter	Metode uji
1	BOD	SNI M – 69 – 1990 – 03 Metode Titrimetri

3.6. Variabel Penelitian

Variasi penelitian dalam penelitian meliputi :

1. Variabel bebas (*Independent Variable*) meliputi :
 - a. Variasi kuat arus yaitu 1 ampere.
 - b. Variasi waktu pengolahan yaitu 0 menit, 25 menit, 50 menit, 75menit, dan 100 menit
 - c. Variasi dosis koagulan yaitu 15000 ppm dan 20000 ppm
 - d. Tegangan pada saat peristiwa elektrokoagulasi adalah 10 volt.
2. Variabel terikat (*dependent Variable*)
Kadar BOD dalam limbah air Lindi (Leachate) Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) yogyakarta.

3.7. Tahap penelitian

3.7.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari Air Lindi (Leachate) yang diambil dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Kota Yogyakarta.

3.7.2. Alat yang digunakan dalam penelitian

1. Bak penampung air baku elektrokoagulasi
2. Bak elektrokoagulasi
3. Bak *baffle channel flocculator*
4. Bak sedimentasi
5. Bak Filtrasi
6. *Magnetic steerer barr*
7. Termometer
8. Kertas pH
9. Aerator
10. Stopwatch.
11. Gelas ukur 1000 ml
12. Jerigen 20 liter dan jerigen 10 liter
13. Adaptor
14. Batangan tembaga sebagai anoda dan alumunium sebagai katoda
15. Multimeter
16. Pipet 25 ml
17. Karet Hisap
18. Gayung

3.8 Langkah Penelitian

3.8.1 Tahap Persiapan

Pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan di Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Kota Yogyakarta, yang ditampung terlebih dahulu selama satu minggu agar mendapatkan limbah yang refresentatif di bak penampungan. Kemudian sebelum diambil limbah diaduk terlebih dahulu agar terjadi pencampuran yang merata, kemudian diambil dengan menggunakan gayung, air limbah di masukkan kedalam dirigen dengan gayung dan corong. Dirigen diisi penuh lalu dibawa untuk dilakukan penelitian.

3.8.2 Pembuatan Alat Elektrokoagulasi

Pembuatan alat elektrokoagulasi ini terdiri dari tiga komponen penting yaitu:

1. Bak elektrokoagulasi

Dimensi bak terdiri dari panjang 40 cm, lebar 30 cm, tinggi 40 cm. Bak ini terbuat dari gelas fiber dengan tebal 0,3 cm. Penelitian ini dilakukan dengan sistem aliran kontinyu.

2. Bak *Baffle Channel Flocculator*

Dimensi bak ini terdiri dari panjang 60 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 40 cm. Bak ini terbuat dari kaca dengan ketebalan 0.4 cm.

3. Bak Sedimentasi

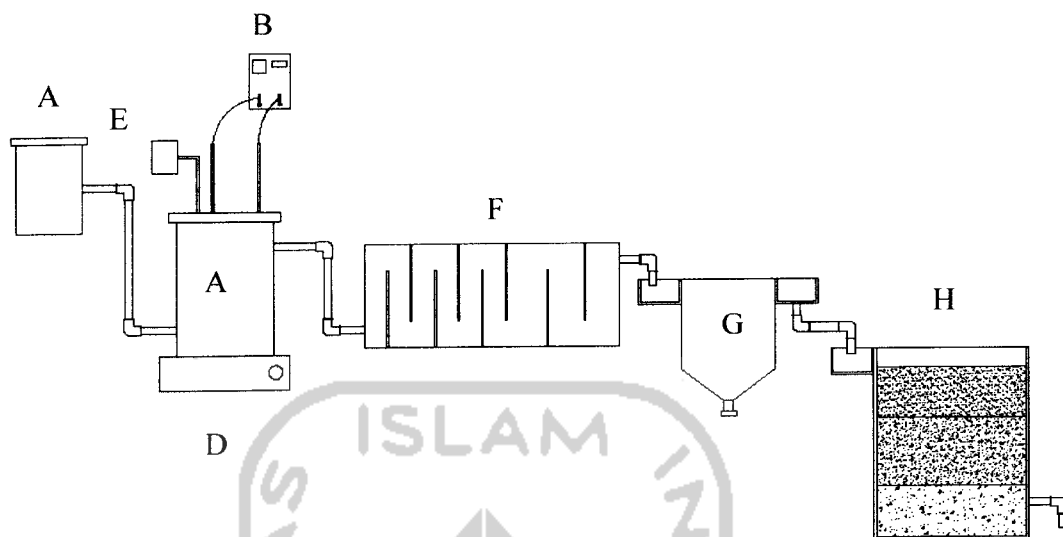
Dimensi bak terdiri dari panjang 40 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Bak ini terbuat dari fiber glass dengan tebal 0,3 cm.

4. Bak Filtrasi

Dimensi bak ini terdiri dari panjang 40 cm, lebar 20 cm, tinggi 80 cm. bak ini terbuat dari kaca dengan tebal 0.4 cm.

5. Elektroda katoda dan anoda

Pada penelitian ini digunakan variasi batangan elektroda yaitu pada anoda digunakan batangan tembaga dan katoda digunakan batangan aluminium.



3.2 Rangkaian Desain Alat Elektrokoagulasi

Keterangan :

- A. Bak Penampung
- B. Adaptor
- C. Bak Elektrokoagulasi
- D. *Magnetic Steerer Bar*
- E. Aerator
- F. *Baffle Channel Reactor*
- G. Bak Sedimentasi
- H. Bak Filtrasi

3.8.3 Tahapan cara kerja

1. Tahapan pengoperasian alat dimulai dengan pemeriksaan bahwa semua rangkaian telah tersusun dengan benar
2. Rangkaian alat diperiksa kembali sebelum memulai proses pengolahan
3. Memasukkan limbah kedalam bak penampung sebanyak 34 liter dari volume bak sebesar 40 liter.
4. Menghubungkan arus listrik secara selang-seling antara kutub positif pada anoda dan kutub negatif pada katoda dari adaptor.
5. Hidupkan adaptor, diset pada tegangan 10 volt, dengan kuat arus 1 A.
6. Hidupkan *magnetic steerer barr*, di set dengan kecepatan 10 rpm.
7. Masukkan selang aerator ke dalam bak Elektrokoagulasi kemudian dihidupkan.
8. Bak elektrokoagulasi diisi limbah yang akan diolah dengan cara membuka kran out-let pada bak penampung dengan debit 240 ml/menit untuk detensi waktu 25 menit, 50 menit, 75 menit, 100 menit dan penambahan tawas 15000 ppm.
9. Setelah beberapa menit, limbah dialirkan ke bak *baffle channel flocculator*.
10. Selang beberapa menit kemudian, air limbah dialirkan menuju ke bak sedimentasi.
11. Mengambil sampel untuk pemeriksaan untuk 0 waktu dan 0 Ampere.
12. Effluen hasil pengolahan 1 Ampere pada bak sedimentasi tersebut ditampung dalam botol BOD setelah waktu kontak 25 menit, 50 menit, 75 menit, 100 menit pada tegangan 10 volt dengan kecepatan pengadukan sebesar 10 rpm pada dosis tawas 15000 ppm dan diberi label.
13. Untuk percobaan dengan dosis tawas 20000 ppm serta waktu kontakya dilakukan dengan langkah yang sama seperti 15000 ppm.
14. Air sampel diperiksa kadar BOD

3.9 Analisis Data

Limbah Lindi (Leachate) dari TPA tersebut sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi dengan menggunakan alat AAS kemudian dibandingkan, dari hasil analisis akan dapat diketahui berapa besar penurunan

kadar BOD, setelah dilakukan pengolahan dengan metode elektrokoagulasi. Tingkat efisiensi proses elektrokoagulasi dinyatakan dengan nilai sebelum dan sesudah proses, seperti rumus dibawah ini.

Perhitungan efisiensi :

$$E = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \times 100\%$$

Dimana :

E = Efisiensi

S_1 = Kadar BOD sebelum *treatment*

S_2 = Kadar BOD sesudah *treatment*



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 PRA STUDI

4.1.1 Desain Alat

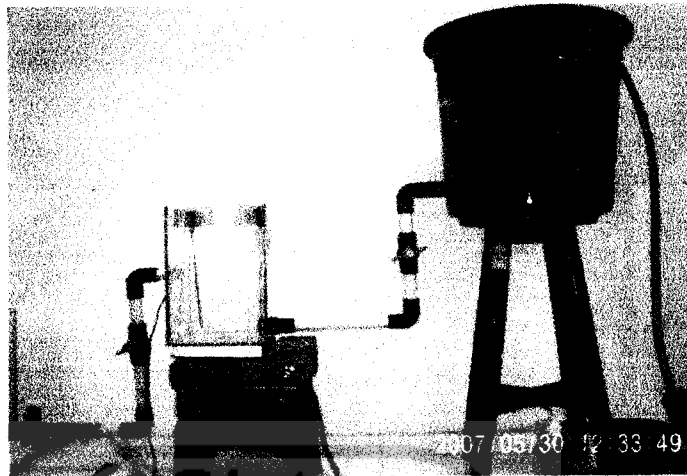
Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah bak Elektrokoagulasi, bak *baffle channel flocculator*, bak sedimentasi, dan bak Filtrasi.

a. Bak Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinue dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana salah satu elektrodanya terbuat dari aluminium. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi oksidasi, yang mengandung logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutup negatif sedangkan elektroda positif (Cu) akan teroksidasi menjadi $[CuOH)_3]$ yang berfungsi sebagai kogulan.

Elektrokoagulasi adalah bagian dari elektrokimia yang dapat mendestabilisasikan agen pencemar yang mana pencemar tersebut dapat di reduksi. Elektrokoagulasi selain bagian dari elektrokimia juga merupakan bagian dari flokulasi dan koagulasi serta penggunaan elektroda untuk mengaliri listrik di dalam larutan yang bersifat elektrolit yang biasa disebut elektrolisis.

Pengolahan elektrokoagulasi ini diharapkan bertujuan untuk menurunkan kandungan-kandungan yang ada dalam lindi seperti BOD, COD, nitrat, nitrit, logam berat, serta TSS dan TDS.



Gambar 4.1 Bak Elektrokoagulasi dan *magnetic steer barr*

Dimensi Bak elektrokoagulasi ini adalah panjang 20 cm, lebar 20 cm, serta tinggi 30 cm. Bak elektrokoagulasi ini digunakan sebagai pengaduk menggunakan *magnetic steer barr* didalamnya. Pengadukan dilakukan dengan kecepatan 10 rpm

b. Bak *Baffle Channel Flocculator*

Pada penelitian ini sebagai pengaduk lambatnya digunakan *baffle channel flocculator*. *Baffle channel flocculator* ini termasuk jenis pengadukan hidrolis, yang mana pengadukan ini memanfaatkan gerakan air sebagai tenaga pengadukan. Pada umumnya flokulasi hidrolis mempunyai kekurangan dalam hal fleksibilitas pengaturan kehilangan tekanan(hf) yang diperlukan sebagai energi untuk proses. Selain itu pada flokulator hidrolis, perbedaan kecepatan aliran yang terjadi pada bagian tepi dan tengah reaktor sangat besar, sehingga seringkali flok yang terjadi pecah kembali.

Bak ini bertujuan menghasilkan gerakan air yang mendorong kontak antar partikel tanpa menyebabkan pecahnya gabungan partikel yang telah terbentuk ini bisa tercapai bila energi hidrolis yang diharapkan cukup kecil. Flokulator jenis ini umumnya dibuat secara seri seiring penurunan nilai G agar diperoleh

pencampuran sempurna, yaitu partikel dapat saling berkontak, sehingga diperoleh hasil akhir yang memuaskan.

Jumlah sekat dalam bak flokulator ini (aliran vertikal), ditentukan dengan rumus berikut :

$$n = \left\{ \left[\frac{2\mu t}{\rho(1.44 + f)} \right] \left[\frac{W.L.G}{Q} \right]^2 \right\}$$

Dimana : W = lebar bak (m)

L = panjang bak flokulator (m)

G = konstanta gravitasi (9,81 m/det²)

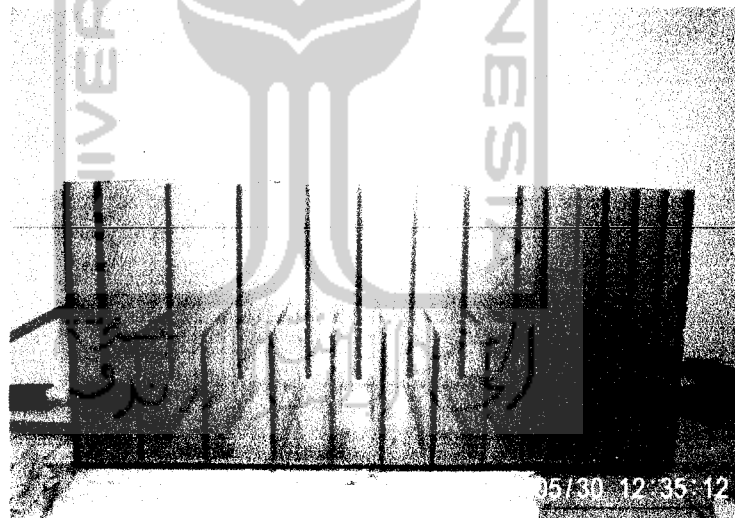
Q = debit aliran (m³/det)

μ = viskositas absolut (kg/m.det)

ρ = berat jenis air (kg/m³)

f = koefisien gesek sekat

t = waktu flokulasi (det)



Gambar 4.2 Bak *baffle channel flocculator*

Dimensi bak *baffle channel flocculator* adalah panjang 60 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 30 cm. Bak *baffle channel flocculator* ini terdiri dari beberapa sekat dengan 3 buah kompartemen.



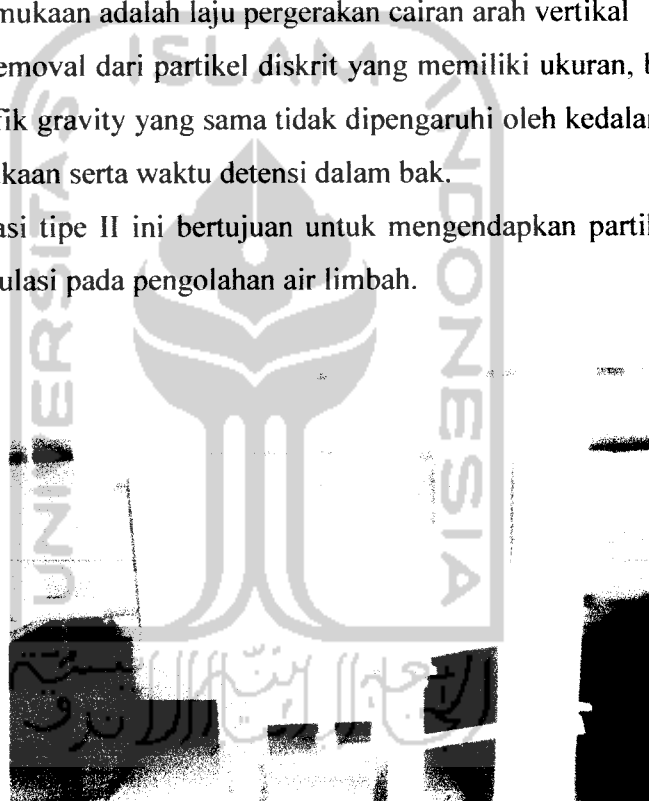
c. Bak Sedimentasi

Pada umumnya, sedimentasi digunakan juga pada pengolahan air limbah selain tentunya juga pada pengolahan air minum. Pada penelitian ini digunakan sedimentasi tipe II, yang mana selama dalam operasi pengendapannya, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat.

Konsep sedimentasi :

- ❖ Kecepatan yang mengendap partikel adalah jarak yang ditempuh partikel persatuan waktu.
- ❖ Beban permukaan adalah laju pergerakan cairan arah vertikal
- ❖ Efisiensi removal dari partikel diskrit yang memiliki ukuran, bentuk, densitas serta spesifik gravity yang sama tidak dipengaruhi oleh kedalaman, melainkan luas permukaan serta waktu detensi dalam bak.

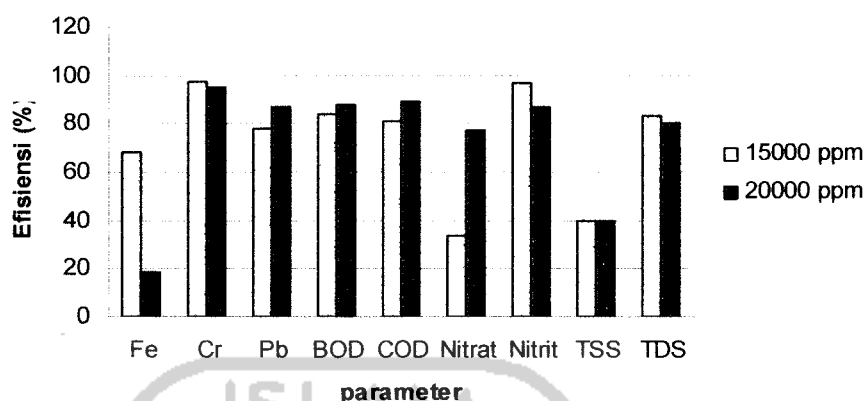
Bak sedimentasi tipe II ini bertujuan untuk mengendapkan partikel hasil proses koagulasi-flokulasi pada pengolahan air limbah.



Gambar 4.3 Bak sedimentasi

Dimensi bak sedimentasi adalah panjang 60 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Bentuk sedimentasi ini adalah limas yang terpancung.

Efisiensi Bak Sedimentasi



Gambar 4.4 Efisiensi bak sedimentasi pada waktu kontak 100 menit

Pada gambar 4.4 Efisiensi dari bak ini yang umumnya berkisar antara 40-90%, dapat dilihat pada parameter BOD dan TSS sebagai contohnya besar efisiensi pada bak ini adalah 88% dan 40 %. Penurunan BOD ini tidak semata dipengaruhi oleh bak ini tetapi penambahan koagulan serta proses elektrokoagulasi juga sangat mempengaruhi.

Efisiensi bak sedimentasi ini berdasarkan kriteria desain, untuk parameter BOD sebesar 30-40 % sedangkan untuk parameter TSS sebesar 30-75%. Pada parameter TSS efisiensi yang dihasilkan kecil hanya sebesar 40%, hal itu sudah sesuai dengan kriteria desain. Efisiensi TSS yang masih tergolong kecil ini tidak sesuai dengan harapan, hal ini disebabkan karena aliran air pada bak sedimentasi ini kadang turbulen, sehingga flok-flok yang terikat oleh koagulan mengalami pemecahan. (Qasim, S, R. *Wastewater Treatment Plants*, 1985)

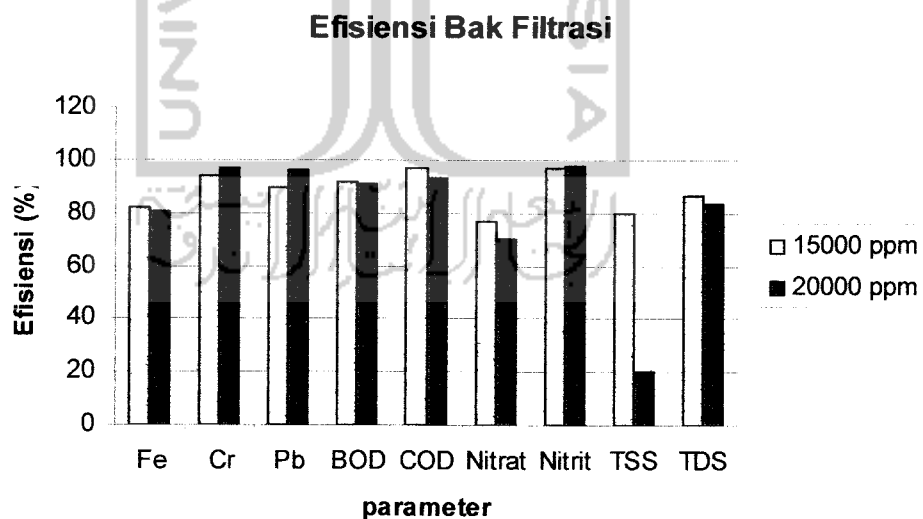
d. Bak Filtrasi

Penelitian ini menggunakan saringan pasir cepat. Saringan pasir cepat ini sebelumnya didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan (sedimentasi) untuk memisahkan padatan tersuspensi yang terkandung dalam air limbah.



Gambar 4.5 Bak filtrasi

Dimensi bak filtrasi ini adalah panjang 40 cm, lebar 20 cm, dan tinggi 80 cm. Bak filtrasi ini terdiri dari berbagai macam media. Pada lapisan bawah digunakan batu sebagai penyangga. Diatas lapisan batu terdiri lapisan kerikil, diatas media kerikil terdapat media ijuk, kemudian karbon aktif, dan media paling atas adalah pasir.



Gambar 4.6 Efisiensi bak filtrasi pada waktu kontak 100 menit

Pada gambar 4.6 dapat dilihat efisiensi bak filtrasi. Efisiensi bak filtrasi ini bila dikaitkan dengan beberapa parameter berkisar antara 80-90%. Efisiensi ini sangat tinggi dibandingkan dengan efisiensi bak sedimentasi. Pada dosis tawas 15000 ppm, dapat dilihat efisiensi untuk parameter TSS sebesar 80 % dan parameter COD sebesar 96 %.

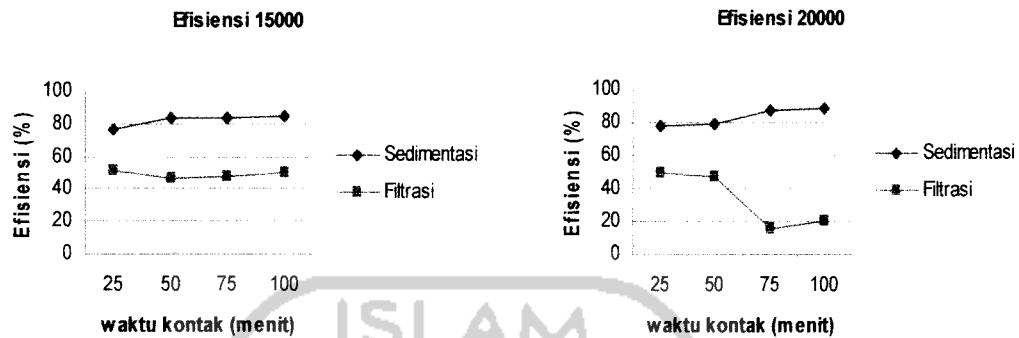
Efisiensi bak filtrasi ini berdasarkan kriteria desain, untuk parameter BOD sebesar 10-20 % sedangkan untuk parameter TSS sebesar 50-75%. Efisiensi untuk bak ini sudah sesuai dengan kriteria desain yang mana untuk efisiensi dari TSS dan COD ini sebesar 70 dan 50 %.(*Qasim, S, R, Wastewater Treatment Plants, 1985*).

4.1.2 Variasi Dosis Tawas 15000 dan 20000 ppm untuk BOD

Flokulasi suspensi- suspensi koloid yang encer (konsentrasi rendah) hanya akan menghasilkan tumbukan antar partikel yang jarang dan penggabungan atau penggumpalan tidak akan terjadi sampai tingkat yang memuaskan. Dalam hal semacam ini klarifikasi akan dapat tercapai dengan baik dengan menggunakan suatu koagulan kimia yang diikuti oleh proses flokulasi dan sedimentasi. Bilamana koagulasi digunakan sebagai pemisah tampaknya reaksi yang berlangsung akan bergantung pada pembentukan presipitat (endapan) dari kombinasi antara zat- zat organik terlarut dan koagulan. Nilai koagulan tambahan dapat dihubungkan dengan kemampuan molekul- molekul besar dalam bentuk struktur rantai panjang yang dapat memberikan suatu jembatan dan gerak mengikat antara partikel- partikel yang berdekatan sehingga menghasilkan penggabungan atau penggumpalan dan menghindarnya pecahnya flok akibat adanya geseran. Dengan koagulan tambahan yang berupa ion- ion, netralisasi muatan juga akan terjadi sebagaimana koagulan-koagulan utama walaupun pada dosis normal yang diterapkan dalam koagulan tambahan efek ini tidaklah sedemikian penting.

Berikut ini hasil pengujian konsentrasi BOD pada 15000 dan 20000 ppm tawas terhadap waktu kontak yakni dilakukan secara kontinue dan pemakaian dosis tawas 15000 dan 20000 karena didapat kesimpulan dari keseluruhan percobaan

elektrokoagulasi menggunakan aerator, perubahan warna yang dihasilkan lebih jernih dari percobaan sebelumnya sehingga digunakan tawas 15000 dan 20000 ppm sebagai dosis yang paling tepat untuk penelitian ini.



Gambar 4.7 Hubungan antara waktu Kontak dengan konsentrasi BOD pada tawas 15000 ppm dan 20000 ppm

Dari gambar 4.7 (Tabel 1 dan 2 terlampir) dapat dilihat efisiensi penurunan BOD dengan dosis 15000 pada sampel dengan waktu kontak 25 menit pada bak filtrasi sebesar 51 % sedangkan penurunan paling kecil terjadi pada sampel dengan waktu kontak 50 menit sebesar 46 % sedangkan untuk efisiensi dosis tawas 20000, penurunan konsentrasi BOD Efisiensi terendah terjadi pada waktu kontak 75menit yaitu sebesar 16 % sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada waktu kontak 25 menit pada bak yaitu sebesar 49 %. Efisiensi bak sedimentasi ini berdasarkan kriteria desain, untuk parameter BOD sebesar 30-40 % sedangkan efisiensi bak filtrasi ini berdasarkan kriteria desain, sebesar 10-20 %. Efisiensi ini sudah sesuai dengan kriteria desain.

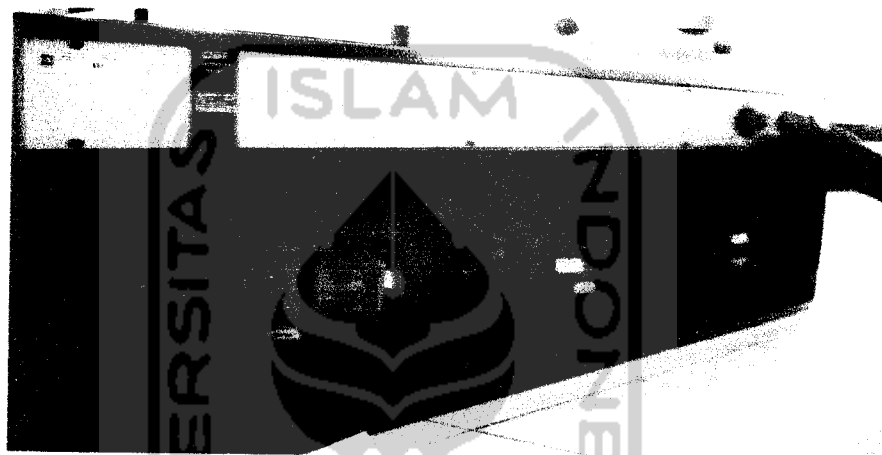
Ada beberapa hal yang dilakukan sebelum melakukan penelitian sesungguhnya. Pada penelitian ini dilakukan penelitian awal, hal ini dilakukan untuk mengetahui Jenis dan dosis koagulan, batangan elektroda dan waktu kontak yang tepat.

4.1.3 Jenis dan dosis koagulan

Pada penelitian ini, dilakukan penelitian awal untuk mengetahui jenis dan dosis koagulan yang tepat. Sebagai perbandingan, dilakukan dua macam teknik koagulasi skala laboratorium, yaitu dengan menggunakan *jar test* dan Elektrokoagulasi.

a. *Jar Test*

Pada percobaan awal ini, *jar test* dilakukan dengan menggunakan beberapa macam koagulan serta variasinya.



Gambar 4.8 Percobaan *jar test*

- a. Tawas (Al_2SO_4)
 - b. Ferro Sulfat
 - c. Ferro Sulfat + Kapur Tohor
1. Tawas (Al_2SO_4)

Di ambil contoh air limbah masing-masing sebanyak 500 ml, kemudian dimasukkan kedalam beaker jar test yang berkapasitas 1000 ml sebanyak 3 buah. Beaker jar test yang berisi air baku tadi diletakkan diatas mesin pengaduk. Kemudian ditambahkan pada masing-masing beaker jar test Aluminium sulfat (alum) dengan konsentrasi 1, 3, dan 5 gr/500ml. Kemudian dilakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit. Setelah 2 menit, kecepatan pengadukan diturunkan menjadi 80 rpm dan diaduk selama 4

menit. Setelah 4 menit berakhir, dilakukan slow mix II dengan menurunkan kecepatan putar sampai 20 rpm dan diaduk lagi selama 4 menit. Setelah slow mix II selesai, mesin pengaduk dimatikan. Kemudian hasil percobaan tadi dimasukkan ke dalam tabung imhoff. Setelah itu waktu pengendapan, pH, serta suhu diukur. Waktu pengendapan = 30 menit; pH = 8; suhu = 27 °C.



Gambar 4.9 Percobaan *jar test* dengan menggunakan tawas

2. Ferro Sulfat (FeSO_4)

Di ambil contoh air limbah masing-masing sebanyak 500 ml, kemudian dimasukkan kedalam beaker jar test yang berkapasitas 1000 ml sebanyak 3 buah. Beaker jar test yang berisi air baku tadi diletakkan diatas mesin pengaduk. Kemudian ditambahkan pada masing-masing beaker jar test Ferro Sulfat dengan konsentrasi 1, 3, dan 5 gr/500ml. Kemudian dilakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit. Setelah 2 menit, kecepatan pengadukan diturunkan menjadi 80 rpm dan diaduk selama 4 menit. Setelah 4 menit berakhir, dilakukan slow mix II dengan menurunkan kecepatan putar sampai 20 rpm dan diaduk lagi selama 4 menit. Setelah slow mix II selesai, mesin pengaduk dimatikan. Kemudian hasil percobaan tadi dimasukkan ke dalam tabung imhoff. Setelah itu waktu pengendapan, pH, serta suhu diukur. Waktu pengendapan = 20 menit; pH = 8; suhu = 27 °C



Gambar 4.10 Percobaan *jar test* dengan menggunakan Ferro sulfat

3. Ferro Sulfat (FeSO_4) + Kapur Tohor (CaOH)

Di ambil contoh air limbah masing-masing sebanyak 500 ml, kemudian dimasukkan kedalam beaker jar test yang berkapasitas 1000 ml sebanyak 3 buah. Beaker jar test yang berisi air baku tadi diletakkan diatas mesin pengaduk. Kemudian ditambahkan pada masing-masing beaker jar test Ferro Sulfat dengan konsentrasi 3 gr/500ml dan Kapur Tohor (CaOH) dengan variasi konsentrasi 4, 5, 6 gr/500ml. Kemudian dilakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm selama 5 menit. Setelah 5 menit, kecepatan pengadukan diturunkan menjadi 80 rpm dan diaduk selama 10 menit. Setelah 10 menit berakhir, dilakukan slow mix II dengan menurunkan kecepatan putar sampai 20 rpm dan diaduk lagi selama 15 menit. Setelah slow mix II selesai, mesin pengaduk dimatikan. Kemudian hasil percobaan tadi dimasukkan ke dalam tabung imhoff. Setelah itu waktu pengendapan, pH, serta suhu diukur. Waktu pengendapan = 25 menit; pH = 8; suhu = 27°C



Gambar 4.11 Percobaan *jar test* dengan menggunakan variasi ferro sulfat dan kapur tohor

Kesimpulan dari *jar test* ini, pH awal limbah bersifat stabil, begitu juga suhu pada semua jenis koagulan yang dipakai, sedangkan yang mengalami perubahan adalah hanya pada waktu pengendapan. Waktu pengendapan yang paling cepat adalah jenis koagulan Ferro sulfat begitu juga dengan variasi penambahan Ferro Sulfat dan Kapur Tohor. Warna air limbah bila dilihat secara visual yang agak jernih yaitu penggunaan koagulan tawas dengan konsentrasi dosis 5 gr/500ml.

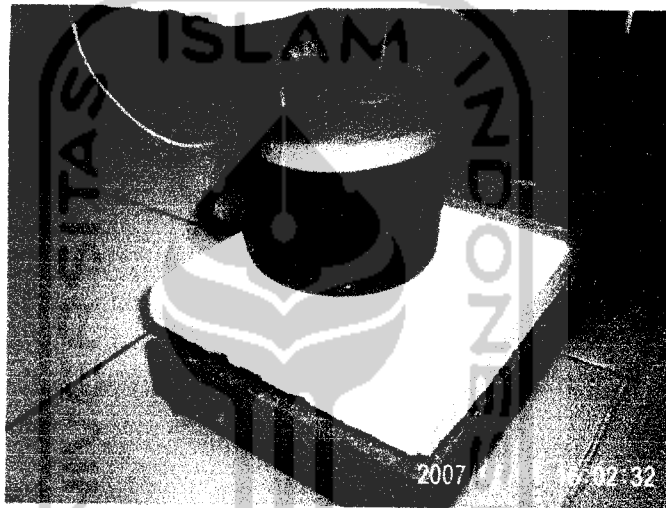
Tabel 4.1 Tabel percobaan *jar test* dengan variasi koagulan

Parameter	<i>Jar Test</i>		
	Tawas (Al_2SO_4)	Ferro Sulfat (FeSO_4)	Ferro Sulfat (FeSO_4) + Kapur Tohor (CaOH)
pH	8	8	8
Suhu	27 °C	27 °C	27 °C
Warna	Agak Jernih	Kurang Jernih	Kurang Jernih
Waktu Pengendapan	30 menit	20 menit	25 menit

b. Elektrokoagulasi

Pada penelitian awal yang menggunakan *jar test* dihasilkan koagulan dan dosis yang bagus yaitu tawas dengan dosis 5 gr/500ml. Maka, untuk percobaan selanjutnya fokus penggunaan koagulan lebih ditekankan ke jenis koagulan tawas. Pada penelitian awal selanjutnya digunakan Elektrokoagulasi dengan tambahan aerator. Diharapkan dengan adanya aerator ini dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air dan membantu pengadukan air.

Pada percobaan ini digunakan 5, 10, 15 gr/500ml tanpa aerator, dan 4, 6, 8 gr/500ml tawas dengan menggunakan aerator.



Gambar 4.12 Percobaan elektrokoagulasi

1. Dosis tawas 5, 10, 15 gr/500 ml tanpa aerator
Ketiga percobaan ini dilakukan selama 20 menit, pada tegangan 40 volt. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengambil air 500ml kemudian dimasukan kedalam *beaker glass* 1000 ml. Setelah itu letakkan diatas *magnetic steer barr* kemudian masukan *steer barr* ke dalam *beaker glass*. Celupkan batangan aluminium ke dalam *beaker glass*. Batangan aluminium satu disambungkan ke kutub positif adaptor sebagai anoda dan satu batang aluminium lainnya disambungkan ke kutub negatif adaptor sebagai katoda. Setelah semua siap, dimasukan 5 gr/500 ml dosis tawas, begitupun untuk

dosis tawas selanjutnya. Kemudian adaptor dinyalakan di set ke tegangan sebesar 40 volt, serta *magnetic steer barr* dihidupkan dengan putaran sebesar 10 rpm. Ditunggu selama 20 menit. Setelah 20 menit, adaptor serta *magnetic steer barr* dimatikan. Sampel diambil, kemudian dimasukkan kedalam tabung imhoff. Hasil yang dicapai :

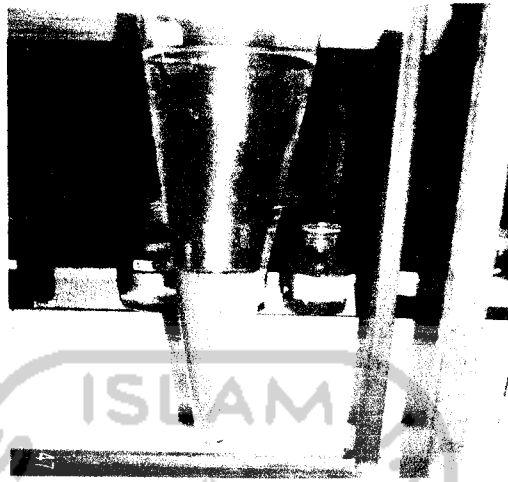
- a. Dosis tawas 5 gr/500ml
pH = 7; suhu 40°C, waktu pengendapan = 40 menit
 - b. Dosis tawas 10 gr/500ml
pH = 7; suhu 40°C, waktu pengendapan = 35 menit
 - c. Dosis tawas 15 gr/500ml
pH = 5; suhu 44°C, waktu pengendapan = 42 menit
2. Dosis tawas 4, 6, 8 gr/500 ml dengan aerator

Sama halnya dengan percobaan diatas, tetapi disini ada penambahan aerator serta dosis tawas yang berbeda. Ketiga percobaan ini dilakukan selama 50 menit, pada tegangan 40 volt. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengambil air 500ml kemudian dimasukan kedalam *beaker glass* 1000 ml. Setelah itu letakkan diatas *magnetic steer barr* kemudian masukan *steer barr* ke dalam *beaker glass*. Celupkan batangan aluminium ke dalam *beaker glass*. Batangan aluminium satu disambungkan ke kutub positif adaptor sebagai anoda dan satu batang aluminium lainnya disambungkan ke kutub negatif adaptor sebagai katoda. Setelah semua siap, dimasukan 4 gr/500 ml dosis tawas, begitupun untuk dosis tawas selanjutnya. Kemudian adaptor dinyalakan di set ke tegangan sebesar 40 volt, serta *magnetic steer barr* dihidupkan dengan putaran sebesar 10 rpm. Ditunggu selama 50 menit. Setelah 50 menit, adaptor serta *magnetic steer barr* dimatikan. Sampel diambil, kemudian dimasukkan kedalam tabung imhoff. Hasil yang dicapai :

- a. Dosis tawas 4 gr/500ml
pH = 8; suhu 50°C, waktu pengendapan = 30 menit
- b. Dosis tawas 6 gr/500ml
pH = 8; suhu 53°C, waktu pengendapan = 41 menit

c. Dosis tawas 8 gr/500ml

pH = 8; suhu 64°C, waktu pengendapan = 45 menit



Gambar 4.13 Percobaan elektrokoagulasi menggunakan tawas 8 gr/500ml

Kesimpulan dari keseluruhan percobaan elektrokoagulasi diatas, perubahan warna yang paling krusial terjadi pada dosis tawas 8 gr/500ml dengan menggunakan aerator. Warna yang dihasilkan lebih jernih dari 5 percobaan lainnya yang menggunakan elektrokoagulasi. Disimpulkan juga penggunaan batang aluminium dengan hantaran listrik akan memicu kenaikan suhu yang tinggi seperti yang terlihat pada dosis tawas 8 gr/500ml sebesar 64°C. Serta tidak terjadi perubahan pH pada saat percobaan dengan menggunakan aerator, sebaliknya terjadi variasi perubahan pH pada saat percobaan yang tidak menggunakan aerator. Batangan anoda pada keseluruhan percobaan ini mengalami pengikisan, peristiwa ini dinamakan "*sacrificial electrodes*"

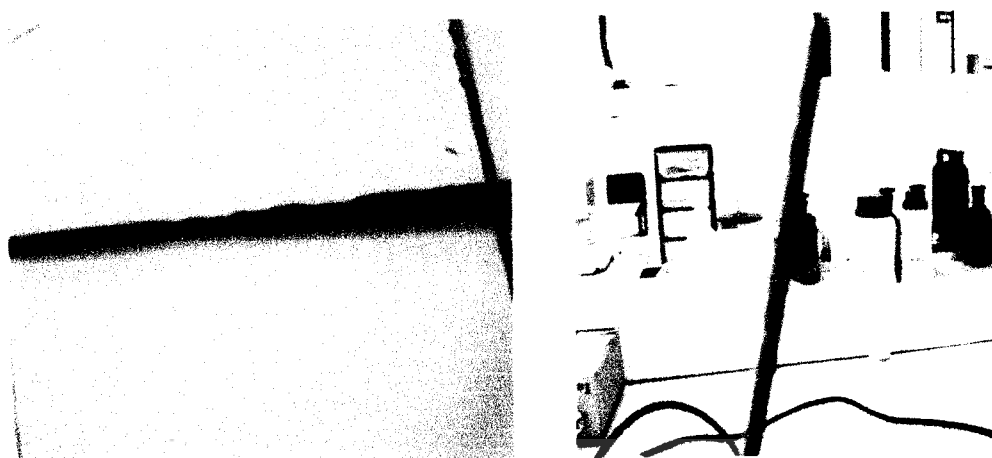
Tabel 4.2 Tabel percobaan elektrokoagulasi dengan variasi dosis tawas

Parameter	Elektrokoagulasi					
	Tanpa Aerator (gr/500ml)			Dengan Aerator (gr/500ml)		
	5	10	15	4	6	8
pH	7	7	5	8	8	8
Suhu	40°C	40°C	44°C	50°C	53°C	64°C
Warna	Agak jernih	Agak jernih	Agak jernih	Agak jernih	Agak jernih	Jernih
Waktu pengendapan	40 menit	35 menit	42 menit	30 menit	41 menit	45 menit

Dari kesimpulan diatas, digunakan tawas 8 gr/500ml dengan elektrokoagulasi-aerator sebagai dosis yang paling tepat untuk penelitian selanjutnya, dan sebagai perbandingan digunakan tawas 10 gr/500ml.

4.1.4 Elektroda

Elektroda terdiri dari 2 buah kutub, yaitu kutub positif sebagai anoda dan kutub negatif sebagai katoda. Ketika kedua batangan elektroda ini dialiri listrik maka kutub positif sebagai anoda akan mengalami korosi karena terjadi oksidasi, sedangkan kutub negatif sebagai katoda akan bersifat pasif. Peristiwa korosi ini disebut dengan "*sacrificial electrodes*". Pada penelitian ini digunakan variasi batangan tembaga sebagai kutub positif (anoda), dan batangan aluminium sebagai kutub negatif (katoda).



Gambar 4.14 Batangan anoda dari tembaga dan katoda dari aluminium

4.1.5 Waktu Kontak

Waktu kontak yang dipakai dalam percobaan ini adalah 25 menit, 50 menit, 75 menit dan 100 menit. Pada penelitian sebelumnya digunakan variasi rentang waktu kontak yaitu:

1. 20 menit, 40 menit, 60 menit, 80 menit dan 100 menit

Pada waktu kontak diatas pengolahannya menggunakan percobaan elektrokoagulasi, pada waktu kontak 20 menit menggunakan koagulan tawas warna yang dihasilkan kurang bagus. Sehingga kurang memenuhi kriteria desain.

2. 25 menit, 50 menit, 75 menit dan 100 menit

Pada waktu kontak diatas secara visual parameter yang dipantau adalah perubahan warna, berdasarkan pada percobaan elektrokoagulasi dengan menggunakan aerator pada waktu 50 menit perubahan warna menjadi lebih jernih.

3. 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit

Pada waktu kontak diatas secara visual parameter yang dipantau adalah perubahan warna, berdasarkan pada penelitian awal pada percobaan *jar test* dengan koagulan Ferro sulfat + kapur tohor selama 30 menit perubahan warna yang dihasilkan tidak terlalu bagus. Sehingga waktu kontak ini tidak memenuhi kriteria.

Berdasarkan beberapa percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa waktu kontak 25 menit, 50 menit, 75 menit dan 100 menit ini paling efektif sehingga pada saat penelitian digunakan waktu 25 menit, 50 menit, 75 menit dan 100 menit.

4.2 Parameter Fisik

4.2.1 pH

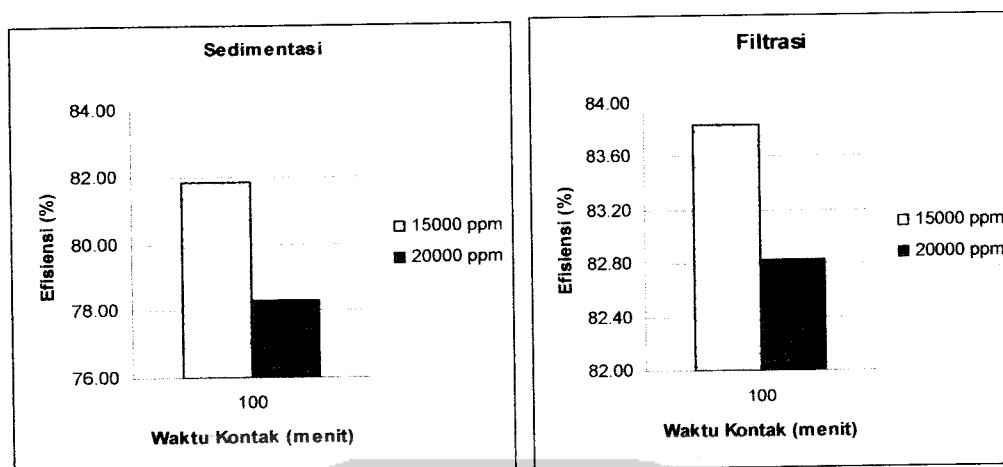
pH mempengaruhi toksisitas senyawa kimia. Mackereth *et al.* (1989) berpendapat bahwa pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Tokisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah (Novotny dan Olem dalam Effendi, 2003).

Pada tabel 4.3, pH mengalami penurunan dari 8 menjadi 7. pH ini sangat berpengaruh besar dengan parameter lain seperti logam berat, COD, BOD, nitrat, DO dan lain-lain. Salah satu contoh pengaruh pH adalah perubahan logam berat, ion Fe^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{2+} akan mengalami oksidasi menjadi Fe^{3+} , Pb^{3+} , Cr^{3+} . pH juga berpengaruh besar terhadap COD, bila dalam keadaan asam COD dapat mengoksidasikan semua zat organik menjadi CO_2 dan H_2O hampir sebesar 85% dan berpengaruh terhadap BOD juga karena jika pH asam maka BOD nya tinggi.

Nilai pH juga sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah. Dengan adanya proses elektrokoagulasi serta daya hantar listrik menyebabkan penurunan pH dari kondisi basa menjadi asam yakni dari pH 8 Menjadi pH 7.

4.2.2 Daya Hantar Listrik (DHL)

Konduktivitas (daya Hantar listrik/ DHL) adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Oleh karena itu, semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL. Nilai DHL dapat diperkirakan dengan mengalikan nilai TDS dengan bilangan 0,55-0,75 (*Canadian Water Quality Guidelines, 1987* dalam Effendi, 2003). Nilai DHL biasanya lebih besar dari nilai TDS.

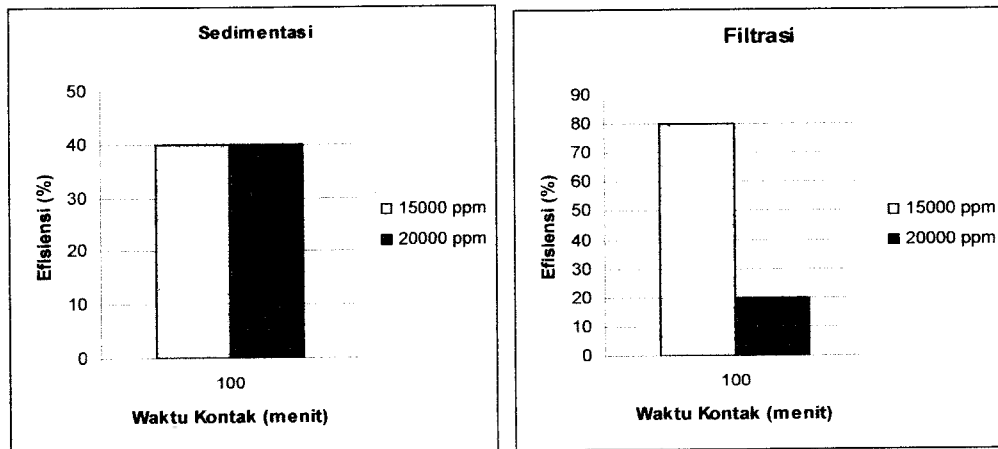


Gambar 4.15 Efisiensi DHL dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Berdasarkan gambar 4.14 diatas, terlihat nilai penurunan DHL, penurunan DHL ini dibarengi dengan penurunan nilai TDS. Penurunan ini ditandai dengan meningkatnya efisiensi. Efisiensi ini hampir 99 %. Peningkatan efisiensi ini jelas berpengaruh besar terhadap parameter lain. DHL ini membantu proses elektrokoagulasi yakni pengaruhnya terhadap elektroda. ketika batangan anoda dialiri listrik akan terjadi proses reduksi sebaliknya apabila batangan katoda dialiri listrik maka akan terjadi proses oksidasi. Proses redoks ini akan sangat berpengaruh terhadap parameter-parameter lain seperti COD, BOD, Nitrat dan terutama logam berat.

4.2.3 Total Suspended Solid (TSS)

Pengujian Konsentrasi TSS pada pengujian ini menggunakan metode penguapan dengan hasil uji limbah dari proses elektrokoagulasi dengan menggunakan dosis 15000 ppm dan 20000 ppm dan waktu kontak 100 menit di dapatkan hasil yang sangat signifikan yaitu konsentasi TSS pada limbah pada dosis 15000 ppm dan 20000 ppm dibawah batas maksimal sesuai dengan SK Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 281/KPTS/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Propinsi DIY yaitu sebesar 200 ppm.



Gambar 4.16 Efisiensi TSS dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Perlakuan limbah pada saat proses elektrokoagulasi pada setiap unit juga mempengaruhi nilai TSS misalnya pada unit elektrokoagulasi pemberian dosis mempengaruhi ukuran flok yang terbentuk karena dalam hal ini tawas sebagai koagulan dan di pengaruhi oleh arus listrik dapat mengikat lumpur halus, pasir halus dan jasad- jasad renik sebagai pembentuk TSS terbentuk menjadi flok, proses ini merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi turunnya nilai TSS. Selain itu pada bak sedimentasi aliran limbah mempengaruhi nilai TSS karena jika aliran pada bak sedimentasi laminar maka flok yang berasal dari proses sebelumnya yaitu elektrokoagulasi akan mudah mengendap dan untuk flok yang tidak terendap akan mengalir bersama air limbah. Unit terahir sebagai outlet yaitu filtrasi pada unit ini efisiensi penurunan nilai TSS pada dosis 15000 ppm lebih besar dari pada pada dosis 20000 ppm. Karena memakai unit filtrasi hanya satu sehingga media dalam filtrasi tersebut tidak dicuci lagi sehingga dalam filtrasi tersebut masih terdapat bekas clogging yang memakai dosis tawas 15000 ppm dan menyebabkan efisiensi penurunan TSS pada dosisi tawas 20000 kecil, Sebagaimana di jelaskan di atas dosis koagulan mempengaruhi efisiensi penurunan TSS.

4.2.4 Total Dissolved Solid (TDS)

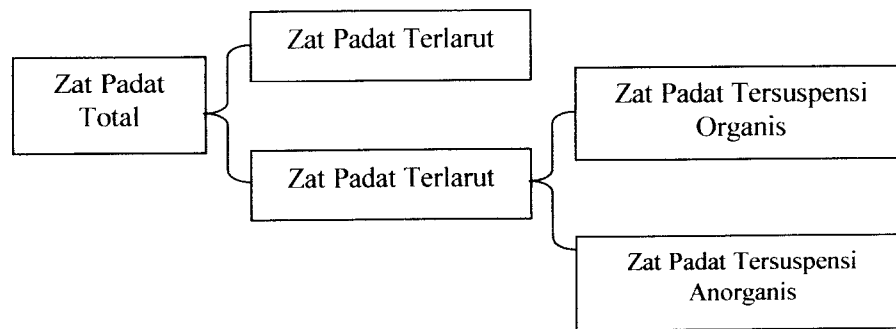
Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam, dan molekul organik, dan zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat, kwarts. Perbedaan utama antara kedua zat tersebut adalah ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel tersebut.

Analisa zat padat dalam air, sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan data dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi).

Jenis partikel koloid tersebut adalah penyebab kekeruhan dalam air (efek tyndall) yang disebabkan oleh penyimpangan sinar nyata yang menembus suspensi tersebut. Partikel-partikel koloid tidak terlihat secara visual sedangkan larutannya (tanpa partikel koloid) yang terdiri dari ion-ion dan molekul-molekul tidak pernah keruh. Larutan menjadi keruh bila terjadi pengendapan yang merupakan komponen kejenuhan dari suatu senyawa kimia.

Partikel-partikel tersuspensi biasanya, mempunyai ukuran lebih besar dari partikel koloid dan dapat menghalangi sinar yang akan menembus suspensi, sehingga suspensi tidak dapat dikatakan keruh, karena sebenarnya air diantara partikel-partikel tersuspensi tidak keruh dan sinar tidak menyimpang seperti halnya ion-ion dan molekul-molekul (zat yang terlarut), zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat bersifat inorganik (tanah liat, kwarts) dan organik (protein, sisa tanaman).

Dalam metode analisa zat padat, pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air didalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut, dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organik dan inorganik seperti pada skema dibawah ini :

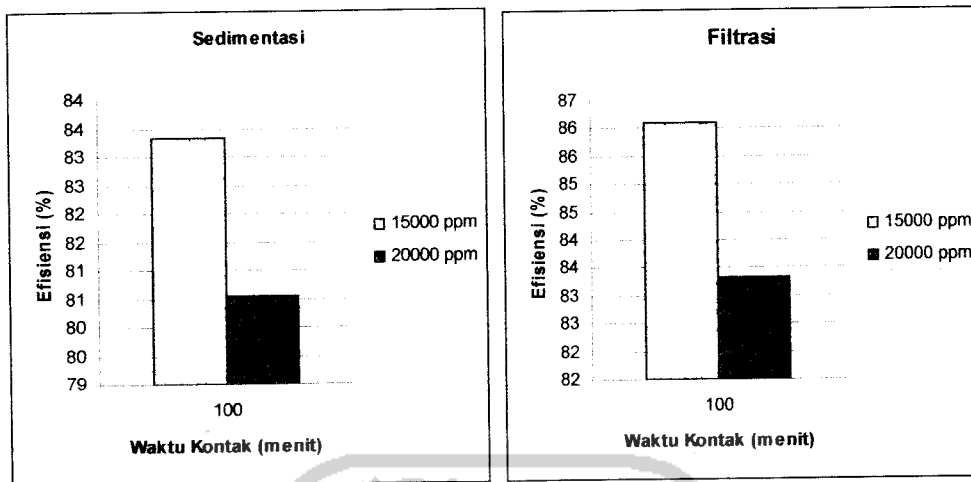


Gambar 4.17 Skema Zat Padat Total

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklasifikasikan sekali lagi menjadi antara lain zat padat terapung yang selalu bersifat organik dan zat padat terendap yang dapat bersifat organik dan inorganik. Zat padat terendap adalah zat padat dalam keadaan suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya.

Penentuan zat padat ini dapat melalui volumenya, yang disebut analisa volume lumpur (*sludge volume*), dan dapat melalui beratnya disebut analisa lumpur kasar atau umumnya disebut zat padat terendap (*settleable solids*). Dimensi dari zat-zat padat tersebut diatas adalah dalam mg/L atau g/L, namun sering pula ditemui ” % berat ” yaitu kg zat padat / kg larutan, atau ” % volume ” yaitu dalam dm^3 zat padat / liter larutan.

Padatan terlarut total (*Total Dissolved Solids*) adalah bahan-bahan terlarut (diameter $> 10^{-6}$ mm) dan koloid (diameter $> 10^{-6} - 10^{-3}$ mm) yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain, yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter $0,45 \mu\text{m}$ (Rao dalam Effendi, 2003). TDS berhubungan erat dengan nilai DHL. Nilai DHL biasanya lebih besar dari nilai TDS.



Gambar 4.18 Efisiensi TDS dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

4.2.5 Warna

Warna adalah senyawa yang dapat dipergunakan dalam bentuk larutan sehingga penampangnya berwarna. Warna air limbah dapat dibedakan menjadi dua, yaitu warna sejati dan warna semu. Warna yang disebabkan oleh warna organik yang mudah larut dan beberapa ion logam ini disebut warna sejati, jika air tersebut mengandung kekeruhan atau adanya bahan tersuspensi dan juga oleh penyebab warna sejati maka warna tersebut dikatakan warna semu (Benny Chatib, 1990 dalam Effendi, 2003) dan juga karena adanya bahan-bahan yang tersuspensi yang termasuk koloid (Tchobanoglous, 1985). Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Black dan Christman (1979) ditemukan bahwa organik didalam air limbah adalah koloid yang bermuatan negatif.

Warna akibat suatu bahan terlarut atau tersuspensi dalam air, disamping adanya bahan pewarna tertentu yang kemungkinan mengandung logam berat. Warna air limbah menunjukkan kualitasnya, air limbah yang baru akan berwarna abu – abu, dan air limbah yang sudah basi atau busuk akan berwarna gelap (Mahida, 1984). Warna tertentu dapat menunjukkan adanya logam berat yang terkandung dalam air buangan (Tinsley dan Fransini, 1991).

Kecerahan dipengaruhi oleh warna lain, semakin dalam penetrasi sinar matahari dapat menembus air, semakin produktif pula perairan tersebut. Hal ini seiring dengan banyaknya fitoplankton di perairan tersebut. Kekeruhan ialah suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan derajat kegelapan didalam air yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang. Kekeruhan sangat berhubungan erat dengan warna perairan, sedangkan konsentrasinya sangat memengaruhi kecerahan dengan cara membatasi transmisi sinar matahari kedalamnya (Swingle, 1968 dalam Effendi, 2003).

Penggolongan zat warna

Menurut Soeparman (1967), jenis zat warna ada dua, yaitu:

1. Zat Warna Alam

Zat warna alam adalah zat warna yang berasal dari alam, baik yang berasal dari tanaman, hewan, maupun bahan metal.

A. Zat warna yang berasal dari tumbuhan

Zat warna yang berasal dari tumbuhan antara lain : Alzarin, Indanthreen dan Indigosol.

B. Zat warna yang berasal dari hewan

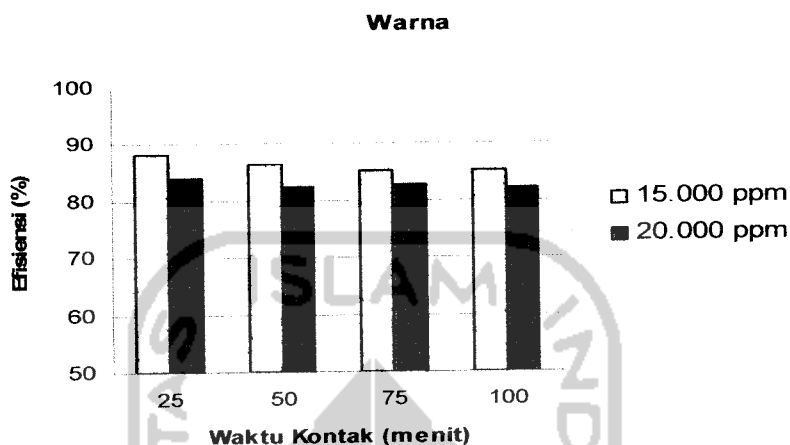
Jenis hewan yang biasa dijadikan zat warna misalnya: Kerang (Tyran Purple), Insekta (Coechikal) dan Insekta merah (Loe)

2. Zat Warna Sintesis

Zat Warna Sintesis adalah zat warna buatan dengan bahan dasar buatan misalnya: Hidrokarbon Aromatik dan naftalena yang berasal dari batu bara.

Warna dapat diamati secara visual (langsung) ataupun diukur berdasarkan skala platinum kobalt (dinyatakan dengan satuan PtCo), dengan membandingkan warna air sampel dengan warna standar. Air yang memiliki nilai kekeruhan rendah biasanya memiliki nilai warna tampak dan warna sesungguhnya yang sama dengan standar (APHA, 1976; Davis dan Cornwell, 1991). Intensitas warna cenderung meningkat dengan meningkatnya nilai pH (Sawyer dan McCarty, 1978 dalam Effendi, 2003).

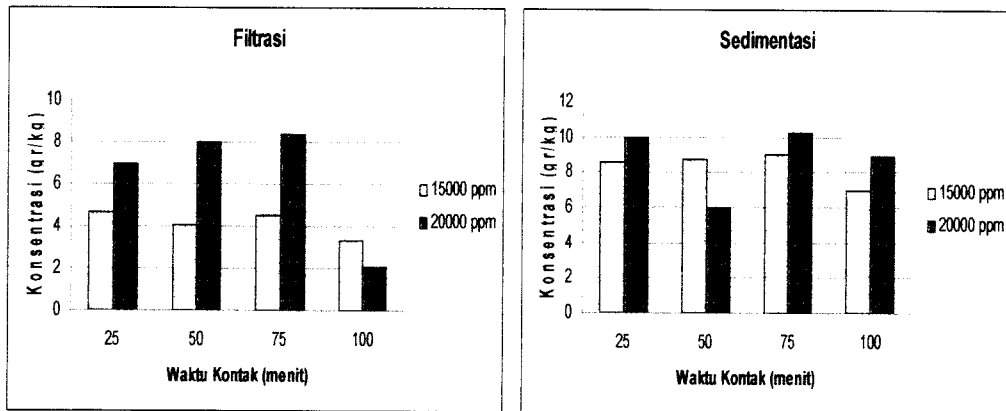
Efisiensi Penurunan warna diperoleh dari pengalihan konsentrasi yang diperoleh dari data hasil laboratorium yang menggunakan Spektrofotometri dengan jumlah pengenceran. Hasil penurunan kadar warna pada lindi dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut :



Gambar 4.19 Efisiensi Warna dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Dari gambar 4.20 terlihat persentase penurunan kadar warna yang cukup besar setelah melalui proses elektrokoagulasi dan sedimentasi. Penurunan yang optimum terjadi pada 25 menit di filtrasi, pada dosis tawas 15000 ppm sebesar 88.17% dan dosis tawas 20000 ppm sebesar 83.90%.

Seperti yang telah ditunjukkan pada tabel 4.3 ternyata kadar warna yang telah mengalami pengolahan secara elektrokoagulasi dan dilanjutkan sedimentasi serta filtrasi, mengalami penurunan. Hasil pengolahan yang optimum didapatkan pada pengolahan filtrasi, yaitu dari 3799.55 PtCo menjadi 453.075 PtCo pada 25 menit filtrasi dengan dosis tawas 15.000 ppm dan 611.85 PtCo pada 25 menit filtrasi dengan dosis tawas 20.000 ppm. Dari pengolahan tersebut dapat diamati secara visual karena terjadi perubahan warna dari yang berwarna coklat kehitam-hitaman menjadi berwarna kuning bening. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan koagulan tawas. Warna yang timbul pada perairan disebabkan oleh buangan industri di hulu sungai atau dapat juga berasal dari bahan hancuran sisi-sisi tumbuhan oleh bakteri.



Gambar 4.20 Variasi waktu kontak terhadap konsentrasi salinitas

Pada dosis tawas 15000 ppm menunjukkan bahwa sebelum adanya proses elektrokoagulasi nilai konsentrasi salinitas sangat tinggi yaitu 6,1 mg/l. Pada sedimentasi mengalami kenaikan, dengan adanya proses elektrokoagulasi ini belum dapat menurunkan kadar salinitas hingga mencapai hasil yang sesuai dengan baku mutu. Pada filtrasi dengan waktu kontak 25 menit sampai waktu kontak 100 menit mengalami penurunan kadar salinitas (garam NaCl).

Pada dosis tawas 20000 ppm menunjukkan bahwa sebelum adanya proses elektrokoagulasi nilai konsentrasi salinitas sangat tinggi yaitu 6,1 mg/l. Pada sedimentasi dengan waktu kontak 25 menit sampai waktu kontak 100 menit mengalami kenaikan, pada filtrasi dengan waktu kontak 25 menit sampai waktu kontak 75 menit juga mengalami kenaikan. Proses elektrokoagulasi ini belum dapat menurunkan kadar salinitas hingga mencapai hasil yang sesuai dengan baku mutu. Pada filtrasi dengan waktu kontak 25 menit sampai waktu kontak 100 menit mengalami penurunan kadar salinitas (garam NaCl).

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan proses elektrokoagulasi mampu menurunkan kadar salinitas (garam NaCl) pada air lindi. Variasi waktu kontak dan dosis koagulan, memiliki kemampuan yang berbeda untuk menurunkan kadar salinitas (NaCl). Pada sedimentasi hasilnya belum dapat menurunkan kadar salinitas (garam NaCl) hingga mencapai hasil yang sesuai dengan baku mutu air bersih sesuai dengan peraturan Menteri Kesehatan No. 416/Menkes/Per/IX/1990 karena dengan

variasi waktu kontak dan dosis koagulan yang berbeda maka mengalami kenaikan dan penurunan yang berbeda yang masih belum maksimal dan dengan adanya aliran air yang turbulen juga dapat mengakibatkan kenaikan kadar salinitas, maka sesudah dari pengolahan sedimentasi dilanjutkan kembali pada proses filtrasi sehingga kadar salinitas mengalami penurunan, sehingga didapatkan hasil yang memenuhi baku mutu air bersih.

4.2.7 Suhu

Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, waktu dalam hari, sirkulasi udara, dan aliran serta kedalaman badan air. Perubahan suhu ini sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Pada penelitian ini, terjadi variasi perbedaan suhu. Variasi perbedaan itu ditandai dengan peningkatan dan penurunan suhu pada tiap waktu kontak. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi (Effendi, 2003). Kenaikan suhu ini dipengaruhi oleh tegangan listrik, pada penelitian awal, dengan menggunakan tegangan 40 volt suhu air mencapai 64 °C, sehingga pada penelitian selanjutnya, tegangan coba diturunkan menjadi 10 volt, agar suhu tidak mengalami kenaikan yang tajam. Pada penelitian ini suhu awal 27°C naik menjadi 28°C.

4.2.8 Disolved Oksigen (DO)

Oksigen terlarut merupakan parameter untuk mengetahui kandungan oksigen dalam air maupun air buangan. Jumlah oksigen terlarut juga dipengaruhi oleh suhu. Hubungan suhu dan DO berbanding terbalik yaitu bila suhu tinggi kandungan oksigen terlarut rendah dan sebaliknya bila suhu rendah DO tinggi. Dari hasil penelitian, pada saat proses pengujian sampel awal didapat hasil DO nya 9,66 mg/l, hasil DO segera awal pengencer = 8,17 mg/l. Kemudian di dapat hasil pemeriksaan DOsegera sampel dengan kadar tawas sebesar 15.000 ppm di sedimentasi pada waktu 25 menit = 8.75 mg/l; pada waktu 50 menit = 6.44 mg/l; pada waktu 75 menit = 7.9 mg/l; pada waktu 100 menit = 6.44 mg/l.selanjutnya di Rapid sand filter didapatkan hasil pada waktu 25 menit = 7,43 mg/l ; pada waktu 50 menit = 7,18 mg/l ; pada

waktu 75 menit = 6,19 mg/l; pada waktu 100 menit = 6,19 mg/l, dapat dilihat dari hasil diatas terlihat penurunan pada media sedimentasi ke Rapid sand filter.

Selanjutnya DO segera sampel dengan kadar tawas sebesar 20.000 ppm di sedimentasi pada waktu 25 menit = 13.36 mg/l; pada waktu 50 menit = 13.04 mg/l; pada waktu 75 menit = 9.74 mg/l; pada waktu 100 menit = 9.4 mg/l. selanjutnya di Rapid sand filter didapatkan hasil pada waktu 25 menit = 10.24 mg/l ; pada waktu 50 menit = 9.4 mg/l ; pada waktu 75 menit = 9.74 mg/l; pada waktu 100 menit = 8.08 mg/l, dapat dilihat dari hasil diatas terlihat penurunan pada media sedimentasi ke Rapid sand filter. Nilai yang didapat diatas selanjutnya untuk mengetahui kandungan BOD yang di inkubasikan selama 5 hari dalam suhu 20°C.

Hubungan antara BOD dengan DO dalam perairan yakni jika DO di dalam air tersebut tinggi maka kandungan BOD nya rendah. Test BOD sesungguhnya dimaksudkan untuk menirukan atau memodelkan keadaan yang terjadi apabila air limbah memasuki sungai namun hanya ada sedikit hubungan antara kondisi test dan yang berlangsung dalam instalasi pengolahan limbah secara biologi. Test BOD menggunakan biakan (kultur) mikroorganisme yang sedikit untuk menstabilkan material- material organik dalam kondisi diam dan suhu tetap dengan suplai DO yang terbatas. Dalam instalasi pengolahan limbah secara biologi, mikroorganisme dengan konsentrasi tinggi di aduk terus menerus supaya terjadi kontak dengan substrat dan DO disuplai dalam jumlah yang berlebihan.

Peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10%(Brown, 1987 dalam Effendi, 2003). Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol(anaerob). Hubungan antara kadar oksigen terlarut jenuh dan suhu yakni bahwa semakin tinggi suhu, kelarutan oksigen semakin berkurang. Kelarutan oksigen dan gas-gaslain juga berkurang dan meningkatnya salinitas sehingga kadar oksigen di laut cenderung lebih rendah daripada kadar oksigen diperairan tawar.

Tabel 4.3 Ringkasan Kualitas Air untuk Parameter fisik

No.	Waktu Kontak	Parameter Pendukung							
		TDS (ppm)	TSS (ppm)	DHL / Tegangan (S/m)	pH	DO (ppm)	Suhu (°C)	Warna (PtCO)	Salinitas (gr/kg)
1	Sampel Awal	0.36	0.05	0.198	8	9,66	27	3800	6,1
Koagulan tawas 15000 ppm									
2	25 mnt sedimentasi				7	8.7	26	1191	8,6
3	50 mnt sedimentasi				7	6.4	26	1414	8,7
4	75 mnt sedimentasi				7	7.9	27	1418	9,0
5	100 mnt sedimentasi	0.06	0.03	0.036	7	6.4	27	1285	7,0
6	25 mnt filtrasi				7	7.4	27	453	4,7
7	50 mnt filtrasi				7	7.2	27.5	514	4,1
8	75 mnt filtrasi				7	6.2	27.5	561	4,5
9	100 mnt filtrasi	0.05	0.01	0.03	7	6.2	28	563	3,3
Koagulan tawas 20000 ppm									
10	25 mnt sedimentasi				7	13.4	26	907	10
11	50 mnt sedimentasi				7	13.04	26	1094	6,0
12	75 mnt sedimentasi				7	9.7	26	1032	10,2
13	100 mnt sedimentasi	0.07	0.03	0.04	7	9.4	27	1136	8,9
14	25 mnt filtrasi				7	10.2	27	612	7,0
15	50 mnt filtrasi				7	9.4	27	665	8,0
16	75 mnt filtrasi				7	9.7	27	655	8,4
17	100 mnt filtrasi	0.06	0.04	0.03	7	8.1	27	675	2,1

4.3 Konsentrasi BOD dalam lindi TPA Piyungan

BOD adalah banyaknya oksigen dalam mg/l yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik oleh bakteri, sehingga air buangan tersebut menjadi jernih kembali (Sugiharto, 1987)

Bila zat organik sedikit maka kebutuhan oksigen kecil dan nilai BOD juga kecil. Nilai BOD dapat dijadikan indikator pencemar bahan organik dalam air. BOD atau kebutuhan oksigen biologi merupakan analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses- proses mikroorganisme yang terjadi dalam air. Semakin banyak zat organik yang terdapat dalam air buangan maka makin besar kebutuhan oksigen, sehingga BOD juga makin besar dan begitu pula sebaliknya bila zat organik kecil, kebutuhan oksigen kecil sehingga BOD juga kecil (Sumestri & Alaerts, 1987)

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendesain sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Penguraian zat organis adalah peristiwa alamiah. Apabila sesuatu badan air dicemari oleh zat organis, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi tersebut yang bisa mengakibatkan kematian ikan. Keadaan menjadi anaerobik dan dapat menimbulkan bau busuk pada air.

Proses dekomposisi secara aerob memerlukan pasokan oksigen secara terus menerus. Proses dekomposisi juga dapat berlangsung pada kondisi anaerob. Mikroorganisme yang dapat melakukan dekomposisi bahan organik, baik pada kondisi aerob dan anaerob, disebut *fakultatif anaerobic organism*; sedangkan mikroorganisme yang hanya dapat melakukan dekomposisi pada kondisi anaerob disebut *obligate anaerobic organism*. Jenis dan jumlah dari beraneka ragam mikroorganisme yang terdapat dalam air akan berhubungan dengan kualitas air dan faktor- faktor lingkungan lainnya. Dalam pengolahan air limbah , mikroorganisme berperan penting dan kebanyakan spesies yang ditemukan dalam air dan air limbah adalah tidak berbahaya bagi manusia. Akan tetapi, beberapa mikroorganisme dapat menjadi penyebab berbagai macam penyakit dan kehadirannya di dalam air merupakan problem kesehatan. Organisme- organisme mempunyai perbedaan dalam

kaitannya dengan oksigen. Organisme aerob membutuhkan hadirnya oksigen bebas sedangkan organisme anaerob tumbuh dalam lingkungannya tanpa oksigen bebas.

Banyak persoalan yang berhubungan dengan pengendalian kualitas air disebabkan hadirnya material- material organik yang berasal dari sumber- sumber alami atau dalam bentuk air limbah. Zat organik ini biasanya distabilkan secara biologi dan mikroorganisme yang terlibat didalamnya memanfaatkan system oksidasi baik secara aerobic atau anaerobic.

Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengujian awal terhadap kandungan BOD pada lindi TPA Piyungan. Tes BOD digunakan untuk menentukan tingkat pencemar oleh senyawa organik yang dapat diuraikan oleh bakteri., pengukuran BOD terdiri dari 100 kali pengenceran sampel, inkubasi selama 5 hari pada suhu 20°C dan pengukuran oksigen terlarut sebelum dan sesudah inkubasi. Penurunan oksigen terlarut selama inkubasi menunjukkan banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh sampel air. Oksigen terlarut dianalisa dengan menggunakan metode titrasi winkler. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh kuat arus dan waktu kontak dalam pengolahan yang menggunakan metode elektrokoagulasi sedimentasi dan filtrasi serta mengetahui tingkat efisiensi penurunan kadar BOD yang terkandung dalam Lindi setelah melalui proses elektrokoagulasi.

Penentuan BOD sebagai bahan organik dapat dilakukan terpisah dengan menambahkan suatu zat kimia penghambat oksidasi nitrogen. Banyaknya oksigen yang dibutuhkan tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah dan jenis bahan organik, tetapi juga dipengaruhi oleh waktu dan suhu inkubasi. Para ahli kualitas air telah sepakat bahwa waktu 5 hari dan suhu 20 °C dipakai sebagai standart inkubasi. Oleh karena penguraian bahan organik sukar terurai (persisten) membutuhkan waktu yang sangat lama, maka waktu inkubasi selama 5 hari hanya untuk bahan organik yang mudah diurai.

Dengan menggunakan pengukuran diatas, diperkirakan sekitar 75% - 95% bahan organik dapat dioksidasi. Dekomposisi bahan organik pada dasarnya terjadi melalui dua tahap. Pada tahap pertama, bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik. Pada tahap kedua, bahan anorganik yang tidak yang tidak stabil mengalami

oksidasi menjadi nitrit dan nitrat (nitrifikasi). Pada penentuan nilai BOD, hanya dekomposisi tahap pertama yang berperan, sedangkan oksidasi bahan anorganik (nitrifikasi) dianggap sebagai pengganggu secara tidak langsung.

Pada proses dekomposisi bahan organik, mikroba memanfaatkan bahan organik sebagai sumber makanan dari suatu rangkaian reaksi biokimia yang kompleks. Pada penentuan nilai BOD, selama lima hari diperkirakan oksidasi bahan organik sederhana, misalnya glukosa, berlangsung sempurna.

Konsentrasi awal BOD dalam limbah lindi TPA Piyungan dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini:

Setelah pengambilan sampel maka dilakukan pengujian awal untuk mengetahui konsentrasi BOD pada lindi (leachate) dengan metode titrimetri yang mengacu pada SNI M – 69 – 1990 – 03 dan didapat konsentrasi awal BOD pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Awal Konsentrasi BOD

No	Konsentrasi BOD awal (mg/L)	❖ PP No 82 Thn 2001 golongan empat (mg/L)	Metode Uji
1	3223	12	SNI M – 69 – 1990 – 03 Metode Titrimetri

Sumber : Data Primer 2007

❖ *PP No 82 Thn 2001 golongan empat (mg/L)*

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air limbah lindi TPA Piyungan untuk parameter BOD belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air karena masih jauh di batas ambang sebesar 12 mg/l berdasarkan PP No 82 Thn 2001 golongan empat

Pada penelitian ini digunakan metode elektrokoagulasi yang mana elektrokoagulasi ini diharapkan mampu menurunkan konsentrasi BOD di badan air. Dalam penelitian ini menggunakan tawas dengan konsentrasi yang bervariasi yaitu sebesar 15000 ppm dan 20000 ppm. Penambahan tawas pada penelitian ini dimaksudkan untuk membantu dalam pembentukan flok dimana flok – flok yang

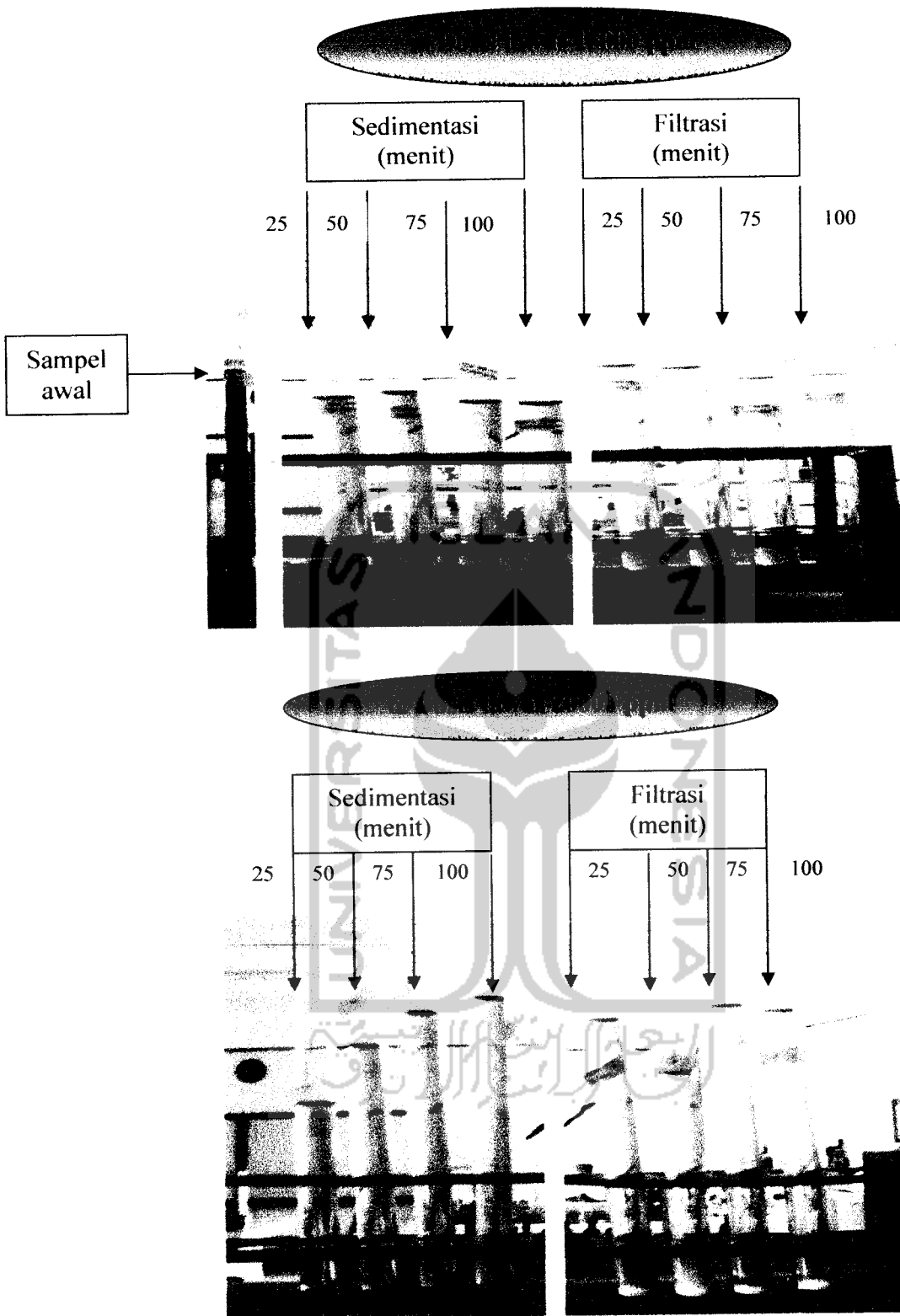
terbentuk dapat menurunkan kandungan TSS, TDS, kekeruhan, warna serta BOD yang terdapat pada limbah. Penambahan aerator pada alat elektrokoagulasi pada proses pengadukan tawas di dalam limbah bertujuan untuk membantu penambahan suply oksigen dimana oksigen merupakan senyawa utama untuk membantu dalam menurunkan BOD, selain itu aerator juga membantu dalam memacu terjadinya penurunan pH dimana pH mempengaruhi sifat keasaman atau basanya suatu limbah, pH awal limbah sebesar 8 dan limbah dalam keadaan basa namun setelah di uji pH limbah turun menjadi 6-7 sehingga tingkat keasaman limbah pun meningkat karena pengaruh dari perubahan pH setelah pengolahan, jika limbah dalam keadaan asam senyawa yang ada di dalamnya mudah untuk di uraikan.

Sebagai pengaduk lambatnya, digunakan *Baffle Chanell Flocculator*, yang bertujuan untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel berukuran besar, partikel – partikel yang berukuran besar akan terendap di dalam *baffle chanell flocculator* dan untuk partikel yang berukuran kecil akan ikut terbawa oleh air menuju pengolahan berikutnya. Selanjutnya digunakan juga bak sedimentasi yang berfungsi sebagai bak pengendap flok hasil koagulasi-flokulasi, khususnya sebelum disaring dengan filter cepat flok yang mengendap pada sedimentasi ini merupakan partikel yang berukuran kecil yang terbawa oleh air yang berasal dari pengolahan sebelumnya. Sebagai pengolahan selanjutnya digunakan bak filtrasi berfungsi untuk menyaring air hasil dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi, penyaringan air hasil dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi pada bak filtrasi merupakan proses yang sangat penting karena air limbah yang di hasilkan pada unit terahir ini akan terlihat lebih jernih dari sebelumnya sehingga dapat di simpulkan nilai TSS, TDS Kekeruhan,Warna dan BOD turun

Untuk analisa BOD limbah lindi TPA Piyungan, pada penelitian kali ini di lakukan pengujian sebanyak 2 kali yang pertama yaitu pengujian dengan penggunaan tawas 15000 ppm dan yang ke dua yaitu menggunakan tawas dengan dosis 20000 ppm sebagai koagulan. Penggunaan tawas pada penelitian kali ini sebagai koagulan karena tawas merupakn koagulan yang paling efektif untuk mendapatkan hasil yang

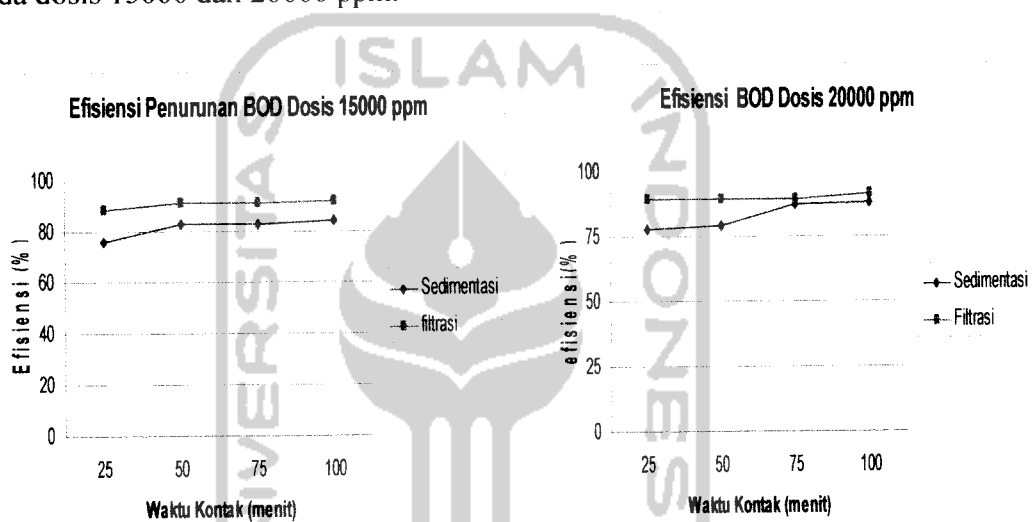
maximal dalam pembentukan flok untuk membantu menurunkan parameter BOD seperti yang di inginkan. Sebagaimana telah di jelaskan pada pembahasan sebelumnya, sebelum melakukan penelitian di lakukan pengujian awal untuk mengetahui jenis dan dosis dari pada koagulan yang di gunakan di dapatkan tawas dengan dosis 8gr/500ml limbah menghasilkan nilai yang maximal yaitu bila dilihat secara visual air limbah terlihat jernih hal ini disebabkan karena flok yang terbentuk, pembentukan flok pada pengujian ini sangat bagus selain ukurannya besar warna dari pada flok terlihat coklat ini sangat ~~berpengaruh~~ terhadap penurunan kadar TSS, TDS Kekeruhan dan Warna pada limbah selain itu yang lebih penting yaitu dengan menurunnya TSS, TDS Kekeruhan, dan Warna maka nilai ~~BOD~~ akan turun juga sehingga disimpulkan dengan menggunakan dosis 15000 ppm dan 20000 ppm dengan volume limbah yang di sesuaikan akan mendapatkan hasil yang maximum juga dan dapat menurunkan TSS, TDS Kekeruhan, Warna dan BOD secara optimal .





Gambar 4.21 Lindi hasil proses elektrokoagulasi a). dosis tawas 15000 dan b). 20000 ppm.

Pada penelitian di gunakan tawas dengan dosis 15000 ppm dan 20000 ppm dengan volume limbah 34 liter penelitian ini dilakukan secara kontinyu selama 24 jam bertujuan untuk mendapatkan kerja elektrokoagulasi yang maximal. Penggunaan koagulan tawas dengan dosis 15000 ppm dan 20000 ppm yaitu setelah di lakukan perhitungan dosis tawas sesuai dengan dosis pada percobaan awal akan tetapi dosis tawas yang akan di gunakan pada pengujian ini disesuaikan dengan volume limbah yang akan di olah serta besarnya reservoir yang di gunakan untuk menampung air limbah tersebut. Dibawah ini terdapat gambar efisiensi penurunan konsentrasi BOD pada dosis 15000 dan 20000 ppm.



Gambar 4.22 Efisiensi penurunan konsentrasi BOD pada dosis 15000 dan 20000 ppm

Berdasarkan gambar 4.8 diatas (Tabel 4 dan 6 terlampir), dapat dilihat efisiensi penurunan BOD dengan dosis 15000. Penurunan signifikan terjadi pada sampel dengan waktu kontak 75 menit pada bak filtrasi sebesar 91 % dengan konsentrasi limbah 527.1 mg/l menjadi 277.1, dan waktu kontak 100 menit pada bak Filtrasi sebesar 92 % dengan konsentrasi limbah 504.6 mg/l menjadi 255,2 mg/l sedangkan penurunan paling kecil terjadi pada sampel dengan waktu kontak 25 dan 50 menit pada bak sedimentasi sedangkan untuk efisiensi dosis tawas 20000, dapat dilihat penurunan konsentrasi BOD Efisiensi penurunan terendah terjadi pada waktu kontak 25 menit pada bak sedimentasi yaitu sebesar 78 % dengan konsentrasi sebesar

692.9mg/l menjadi 350, sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada waktu kontak 100 menit pada bak filtrasi yaitu sebesar 91 % dengan konsentrasi sebesar 359.3 menjadi 289.07 mg/l.

Walaupun penurunan konsentrasi bervariasi, tetapi penurunan konsentrasi ini merupakan penurunan yang paling bagus. Kuat arus dan tegangan berpengaruh pada hasil konsentrasi setelah di elektrokoagulasi. Semakin tinggi kuat arus disertai dengan peningkatan tegangan sehingga memicu naiknya suhu dan berubahnya pH air. Suhu yang awalnya suhu normal 27 °C, begitu mengalami elektrokoagulasi meningkat dengan suhu rata-rata sebesar 30 °C. pH air awal yang tadinya 8 begitu mengalami proses elektrokoagulasi menurun menjadi 6-7.

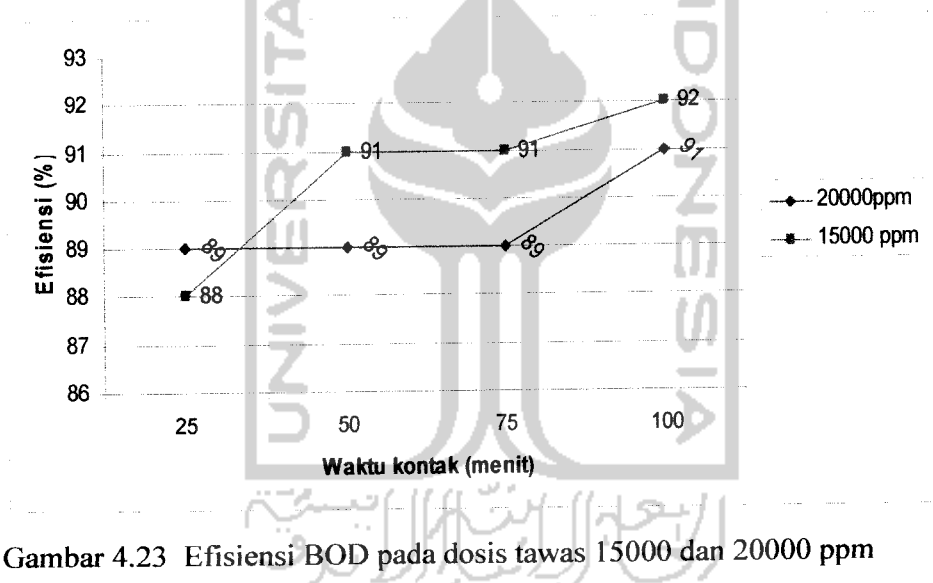
Pada pengujian ini dosis tawas sangat mempengaruhi proses yang terjadi karena tawas yang di gunakan sebagai koagulan apabila tercampur dengan air limbah dan diaduk dengan pelan dan di tambahkan aerator sebagai penyupplay oksigen akan membantu mengikat partikel - partikel yang terdapat pada limbah tersebut menjadi flok yang berukuran lebih besar. Jika dosis tawas terlalu sedikit maka pembentukan flok tidak akan maksimal flok yang akan terbentuk berukuran kecil – kecil sehingga akan melayang pada air limbah dan mudah terbawa pada saat air limbah dialirkan ke unit selanjutnya, hal ini yang akan mengganggu proses penurunan tingkat BOD ataupun parameter lainnya yang disebabkan oleh kekeruhan karena partikel- partikel pembentuk flok berukuran sangat kecil dan ringan yang susah untuk mengendap. Pada penggunaan koagulan dosis 15000 ppm dan 20000 ppm ini pembentukan flok cukup baik sehingga pada saat melewati *Baffle Chanell Flocculator* flok – flok yang terbentuk cepat mengendap pada bak tersebut sehingga penurunan parameter seperti TSS, TDS, Warna dan BOD pada bak selanjutnya mudah terjadi dikarenakan air limbah yang mengalir dari *Baffle Chanell Flocculator* lebih jernih. Penggunaan dosis berpengaruh terhadap penuruna TSS yang akan terjadi, jika nilai TSS tinggi maka nilai BOD akan tinggi karena pada limbah yang memiliki kadar TSS yang tinggi akan sangat sulit sekali di temukannya oksigen karena sinar matahari tidak bisa menembus perairan ataupun limbah yang memiliki kadar kekeruhan yang tinggi sehingga mikroorganisme yang ada di dalam limbah tersebut tidak bisa melakukan proses

fotosintesis dimana pada proses tersebut mikroorganisme akan menghasilkan oksigen.

4.4 Efisiensi BOD

Penggunaan koagulan dengan dosis yang lebih besar akan menghasilkan flok yang lebih banyak pula karena flok yang terbentuk berasal dari koagulan yang di gunakan akan berinteraksi dengan partikel – partikel yang ada di limbah dan membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah untuk mengendap. Pengendapan flok bisa dilihat di dalam *Baffle Chanell Flocculator* .

Dari kesimpulan diatas dapat digambarkan dari output efisiensi penurunan BOD pada konsentrasi tawas 15000 dan 20000 ppm pada gambar dibawah ini:



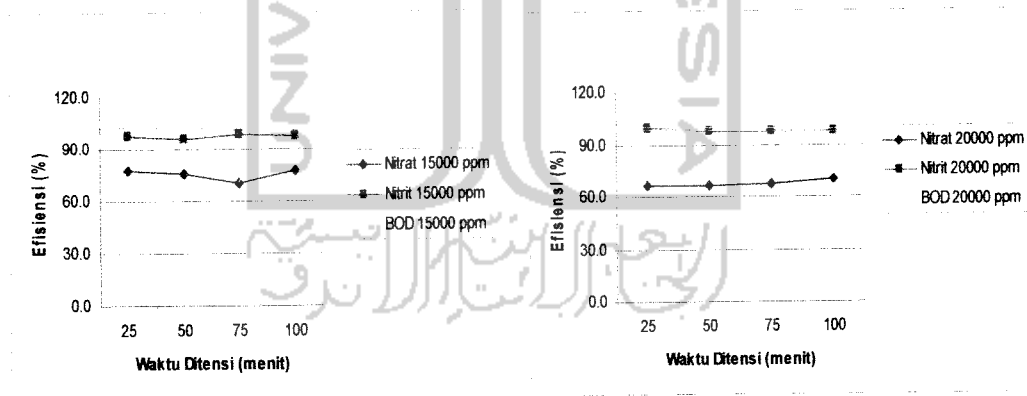
Gambar 4.23 Efisiensi BOD pada dosis tawas 15000 dan 20000 ppm

Dari gambar 4.23 di atas dapat dilihat efisiensi penurunan konsentrasi BOD. Efisiensi paling tinggi terjadi pada dosis tawas 15000 ppm pada bak filtrasi dengan waktu kontak 100 menit sebesar 92 % sedangkan efisiensi paling rendah terjadi pada dosis tawas 15000 ppm dengan waktu kontak 25 menit sebesar 88 % pada bak sedimentasi. Walaupun penurunan konsentrasi bervariasi, tetapi penurunan konsentrasi ini merupakan penurunan yang paling bagus. Kuat arus dan tegangan berpengaruh pada hasil konsentrasi setelah di elektrokoagulasi. Semakin tinggi kuat

arus disertai dengan peningkatan tegangan sehingga memicu naiknya suhu dan berubahnya pH air. Suhu yang awalnya suhu normal 27°C , begitu mengalami elektrokoagulasi meningkat dengan suhu rata-rata sebesar 30°C . pH air awal yang tadinya 8 begitu mengalami proses elektrokoagulasi menurun menjadi 6-7. Dari pengukuran pH dapat diketahui bahwa keadaan limbah dalam reaktor relatif basa.

Akan tetapi jika dilihat dari gambar 4.23 hal ini menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi benar-benar mampu menurunkan konsentrasi BOD walaupun rata-rata penurunan dari setiap waktu pengadukan dan dosis belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 12 mg/L menurut Peraturan Pemerintah No 82 thn 2001 tentang penggolongan air dalam kelas empat yaitu untuk kegiatan pertanian.

Nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) adalah ion-ion anorganik alami, yang merupakan bagian dari siklus nitrogen. Aktifitas mikroba di tanah atau air menguraikan sampah yang mengandung nitrogen organik pertama-pertama menjadi ammonia, kemudian dioksidasikan menjadi nitrit dan nitrat. Oleh karena nitrit dapat dengan mudah dioksidasikan menjadi nitrat, maka nitrat adalah senyawa yang paling sering ditemukan di dalam air bawah tanah maupun air yang terdapat di permukaan.



Gambar 4.24 Efisiensi BOD dengan Nitrat dan Nitrit dengan dosis 15000 dan 20000 ppm

Berdasarkan gambar 4.26 dapat dilihat penurunan konsentrasi Nitrat (NO_3^-) Efisiensi penurunan terendah terjadi pada waktu kontak 25 menit pada bak filtrasi yaitu sebesar 66 %, sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada waktu kontak 75 menit pada bak sedimentasi yaitu sebesar 79 % sedangkan untuk penurunan konsentrasi Nitrit (NO_2^-) Efisiensi penurunan terendah terjadi pada waktu kontak 75 menit pada

bak sedimentasi yaitu sebesar 82 % sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada waktu kontak 25 menit pada bak filtrasi yaitu sebesar 99 % dan efisiensi penurunan konsentrasi BOD paling tinggi terjadi waktu kontak 100 menit sebesar 92 % pada bak sedimentasi. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan BOD dengan Nitrat yang terkandung dalam lindi TPA Piyungan berbanding lurus karena dalam proses Elektrokoagulasi ada penambahan aerasi dan koagulan sehingga partikel dapat mengendap, mikroorganisme dengan nitrat sama- sama senyawa organik yang berkoagulan sehingga membentuk flok- flok.

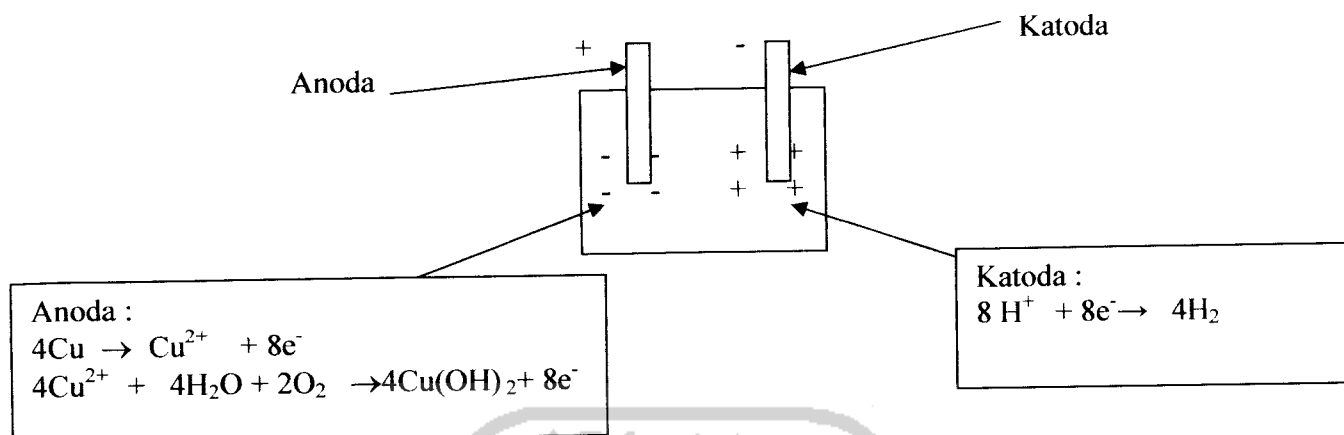
Elektrokoagulasi adalah bagian dari elektrokimia yang dapat mengdestabilisasikan agen-agen pencemar yang mana nantinya pencemar ini dapat di reduksi. Elektrokoagulasi selain bagian dari elektrokimia juga merupakan bagian dari flokulasi dan koagulasi serta penggunaan elektroda untuk mengaliri listrik di dalam larutan yang bersifat elektrolit yang biasa disebut elektrolisis. Elektroda dalam proses elektrolisis sangat penting, karena elektroda merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik kedalam larutan agar larutan tersebut terjadi reaksi redoks. Pemilihan elektroda ini didasarkan pada deret volta atau deret potensial redoks, karena hal ini sangat mempengaruhi proses elektrokoagulasi. Dari daftar E° (deret potensial logam atau deret volta) maka akan diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah berlangsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air) : K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, (H), Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

Logam Cu sebagai elektroda positif dipilih karena logam Cu berada disamping kanan unsur H, sehingga logam Cu sukar mengalami oksidasi, ini artinya makin ke kanan letak suatu logam dalam deret volta, harga E° makin besar. Hal ini berarti bahwa logam- logam di sebelah kanan mudah mengalami reduksi serta sukar mengalami oksidasi, sedangkan logam Al bila dibandingkan dengan deret volta berada di sebelah kiri, ini berarti logam Al lebih mudah mengalami oksidasi, sehingga memiliki kekurangan dibandingkan dengan logam Cu. Bila didasarkan pada peristiwa yang terjadi pada batangan tembaga semakin lama waktu kontak maka batangan tembaga semakin lama teroksidasi.

Efek voltase dan waktu kontak sangat berpengaruh terhadap penurunan dalam proses Elektrokoagulasi ini. Voltase sangat berpengaruh terhadap kuat arus dan dari penelitian sebelumnya, telah diadakan penelitian yang mana sebagai variabel penelitian adalah kuat arus (*A.K. Golder dkk*). Kombinasi kuat arus akan memberi efek terhadap kuat sel dan permukaan area elektroda.

Penambahan koagulan tawas ini adalah bagian dari peristiwa koagulasi. Pada proses koagulasi, didalamnya terjadi suatu mekanisme untuk mendestabilisasi partikel koloid. Pada umumnya hampir semua partikel koloid dalam air bermuatan listrik, dimana muatan itu cenderung menghasilkan gaya tolak-menolak antara partikel sehingga untuk menggumpalkan partikel koloid harus dilakukan usaha mendestabilisasikan koloid tersebut. Aluminium sulfat atau tawas $Al_2(SO_4)_3$ merupakan salah satu jenis koagulan yang biasa digunakan dalam proses koagulasi. Pada umumnya partikel koloid penyebab kekeruhan bersifat hydrophobic yang bermuatan negatif. Agar terjadi penggabungan diperlukan destabilisasi yang hanya dapat dicapai dengan penambahan elektrolit yang bermuatan positif, sehingga diharapkan gaya tolak menolak antar partikel dapat diperkecil. Selanjutnya diperlukan suatu gaya yang dapat memperkecil jarak antar partikel yakni dengan mengadakan tumbukan antar partikel yakni dengan mengadakan tumbukan antar partikel. Oleh karena itu dalam proses elektrokoagulasi diperlukan turbulensi yang cukup tinggi untuk meratakan koagulan ke seluruh bagian zat cair dan memungkinkan terbentuknya inti-inti flok.

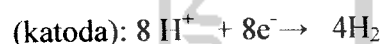
Pada saat elektrolisis, penggunaan batang metal seperti besi, aluminium, tembaga dan lain-lain, pada umumnya digunakan sebagai *sacrificial electrodes* untuk melanjutkan produksi ion dalam sistem. Ion-ion yang terlepas akan mengalami reduksi kontaminan dengan reaksi kimia dan presipitasi. Pada sel elektrolisis terjadi reaksi oksidasi-reduksi pada kedua elektroda.



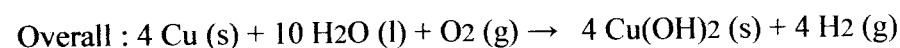
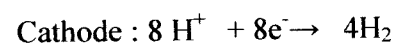
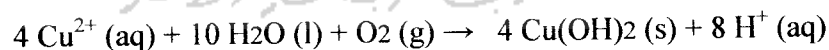
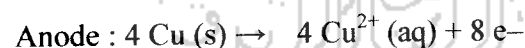
Gambar 4.25 Proses Reduksi Oksidasi pada elektrokoagulasi

Dari gambar 4.24 di jelaskan bahwa prinsip kerja elektrokoagulasi dalam membantu menurunkan BOD yaitu dengan pembentukan reaksi koagulasi dan flokulasi, mekanisme pembentukan terjadi pada batangan anoda dan katoda hal ini dapat ditunjukkan pada reaksi sebagai berikut:

(a) Mechanism 1 :



(b) Mechanism 2 :



(R. Ramesh Babu, N.S. Bhadrinarayana, K.M.Meera Sheriffa Begum , 2007)

Dari hasil reaksi di atas diketahui bahwa molekul - molekul yang ada pada limbah akan terbentuk menjadi flok dimana partikel - partikel koloid pada limbah bersifat *adsorpsi* (penyerapan) terhadap partikel atau ion atau senyawa yang lain yang

ada pada limbah misalnya koloid $\text{Cu}(\text{OH})_3$ bermuatan positif karena permukaannya menyerap ion H^+ . Adanya zat terlarut dalam suatu pelarut akan menghasilkan bermacam-macam sistem tergantung dari ukuran (diameter) partikel yang dilarutkan. Sistem dapat terbagi menjadi:

- a. Larutan sejati, diameter partikel kurang dari 10^{-8}
- b. Koloid, diameter partikel antara 10^{-7} dan 10^{-4} cm
- c. Dispersi kasar dengan partikel berukuran lebih besar dari 10^{-4} cm.

Beberapa sifat penting koloid:

- a. Tidak dapat disaring dengan kertas saring biasa, karena ukuran yang kecil
- b. Keruh, karena adanya efek Tyndall
- c. Luas permukaan yang besar, maka koloid mempunyai sifat yang disebabkan oleh fenomena permukaan ini yaitu daya adsorpsi
- d. Bermuatan listrik, dapat bermuatan positif maupun negatif

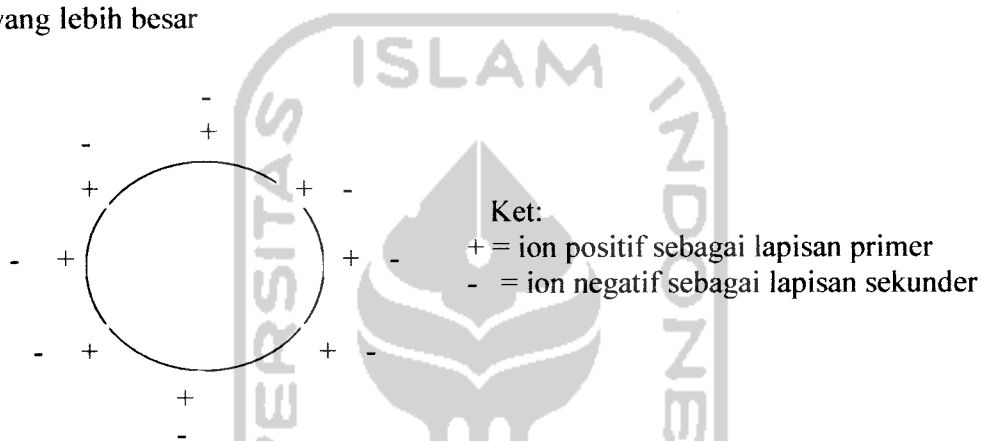
Koagulasi dan flokulasi merupakan suatu metode pengolahan limbah secara kimia. Tujuannya untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar dalam limbah melalui proses pemisahan kotoran-kotoran halus (partikel-partikel tersuspensi dan koloid) yang menyebabkan warna dan kekeruhan dalam air buangan dengan penambahan koagulan. Teori ini didasarkan pada kenyataan bahwa untuk mengkoagulasikan partikel-partikel koloid harus dihancurkan terlebih dahulu. Stabilitas koloid banyak disebabkan karena muatan listrik yang dimiliki partikel koloid. Muatan listrik koloid dapat diperoleh dari:

- a. Adsorpsi selektif ion-ion dalam larutan oleh partikel koloid.
- b. Ionisasi dari partikel koloid itu sendiri misalnya protein

Ion – ion positif maupun negatif dalam larutan dapat diadsorpsi oleh partikel-partikel koloid. Ion-ion yang teradsorpsi ini membentuk suatu lapisan ion di sekeliling partikel koloid, disebut lapisan primer. Kemudian lapisan primer ini akan menarik ion-ion yang berlawanan muatan untuk membentuk lapisan sekunder. Ion-ion pada lapisan sekunder tidak sebanyak pada lapisan primer, sehingga lapisan ini

kurang kuat diikat daripada lapisan primer. Lapisan primer dan sekunder ini membentuk lapisan ganda listrik atau disebut *electrical double layer*.

Electrical double layer ini stasioner, sedangkan ion-ion dalam larutan di luar lapisan ganda listrik ini bebas bergerak. Antara partikel koloid dan larutan terbentuk beda potensial yang disebut *zeta potensial*. Dengan adanya lapisan ganda listrik ini, partikel-partikel koloid akan saling tolak-menolak apabila berdekatan, melawan gumpalan. Apabila tidak terdapat lapisan ganda listrik ini, tentu gaya Van der Waals akan menjadikan partikel-partikel tarik menarik dan menjadi satu membentuk materi yang lebih besar

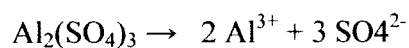


Gambar 4.26 Lapisan ganda listrik partikel koloid

Kestabilan suspensi koloid tergantung pada kesetimbangan antara gaya tarik menarik kovalen dan tolak menolak elektrostatis antara partikel. (*Julianto, S, T, 1999*)

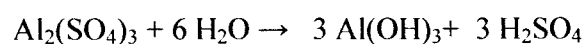
Pada Aluminium sulfat terjadi reaksi:

1. Reaksi penguraian (Disosiasi)



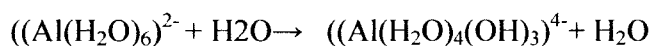
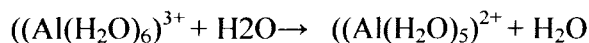
Al^{3+} berperan sebagai elektrolit positif pada distabilisasi koloid sehingga Al^{3+} akan terdispersi di dalam koloid membentuk adanya muatan di dalam koloid tersebut.

2. Reaksi Hidrolisis



$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ merupakan presipitat atau endapan halus yang membentuk inti flok.

3. Reaksi Polimerisasi ion kompleks

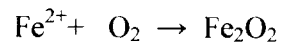


Ion Al^{3+} berperan sebagai elektrolit positif dalam destabilisasi partikel koloid. Berdasarkan uraian diatas merupakan teori proses yang menyebabkan pembentukan flok pada saat proses elektrokoagulasi yang dapat membantu dalam menurunkan senyawa organik dalam lindi.

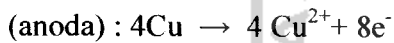
Lapisan difusi yang berperan adalah molekul air yang mengalami hidrasi (pada permukaan koloid) dan lapisan difusi mempunyai dua fungsi yang saling membantu sehingga koloid dikatakan stabil, yaitu:

1. Akan menimbulkan tenaga yang dapat mengalami usaha pendekatan antar partikel koloid yang bermuatan sama (gaya tolak- menolak elektrostatis)
2. Akan menimbulkan gaya tarik- menarik (attractive force) antar partikel yang disebut sebagai gaya tarik menarik *van der waals* yang disebabkan oleh tenaga kohesif atom tersebut

Hal ini menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi benar-benar mampu menurunkan konsentrasi BOD karena dalam waktu pengadukan terdapat proses aerasi yang sangat membantu yang bertujuan agar O_2 diudara dapat bereaksi dengan kation yang ada didalam air olahan dan tujuan aerasi ini yakni Menurunkan konsentrasi materi-materi penyebab rasa dan bau, Menghilangkan senyawa- senyawa pengganggu, contoh penghilangan hidrogen sulfida sebelum khlorinasi dan menghilangkan karbon dioksida sebelum pelunakan sehingga terjadi pengendapan yang disebabkan karena Reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksigen logam yang sukar larut dalam air. Dalam proses elektrokoagulasi pada saat aerasi terjadi perubahan warna pada limbah dari warna hitam menjadi coklat berkarat, hal ini menunjukkan bahwa limbah tersebut tereduksi oleh Fe sehingga terjadi reaksi dibawah ini:



Reaksi diatas menunjukkan bahwa ion- ion yang ada di limbah akan terikat oleh oksigen menjadi senyawa (Fe_2O_2) dan flok yang sudah terbentuk akan menarik partikel- partikel yang dapat dibuat berkoagulasi / berflokulasi yakni saling mendekati dan membentuk gumpalan flok yang lebih besar yang akan mengendap dari dalam air limbah. Selain itu dosis tawas juga sangat menentukan terjadinya penurunan konsentrasi BOD karena tawas yang dipakai sebagai koagulan mempunyai fungsi mengikat partikel- partikel yang tersuspensi. Mekanisme dari proses elektrokoagulasi sangat kompleks. Oksidasi dari proses elektrokoagulasi terjadi pada batangan anoda dan katoda dimana elektroda yang digunakan pada anoda yaitu Cu dan pada katoda adalah Al. Reaksinya dapat dilihat dibawah ini:



Produksi H_2 yang dihasilkan dari reaksi redoks akan menyebabkan *dissolved organic* atau material terpendam dapat tereduksi. bagaimanapun, ion Cu^{2+} akan mengalami hidrasi dan bergantung pada pH sebagai solusi. Sebagian molekul yang kecil yang terdapat pada zat terlarut pada limbah akan ditangkap pada ion $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang kemudian di removal oleh H_2 sebagai senyawa organik membentuk gelembung yang dapat menurunkan BOD tetapi penurunan yang terjadi disini tidak signifikan karena belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 12 mg/L menurut Peraturan Pemerintah No 82 thn 2001 tentang penggolongan air dalam kelas empat yaitu untuk kegiatan pertanian.

Adapun penurunan konsentrasi BOD dalam hal ini tidak hanya karena proses elektrokoagulasi namun banyak hal yang mempengaruhi dalam penurunannya diantaranya parameter – parameter seperti TDS, warna, TSS, daya hantar listrik (DHL), suhu, pH, DO, dan salinitas. Secara garis besar hubungan BOD dengan COD akan berbanding lurus karena jika COD nya turun maka BOD nya juga pasti turun. Dari hasil penelitian kita ketahui kadar warna 3800 PtCO yakni termasuk tinggi dan warna tersebut bisa kita simpulkan warna tersebut dari zat organik berarti BOD yang

terkandung tinggi. BOD dengan TSS yakni dari hasil penelitian kita ketahui kadar TSS sebesar 0.05 ppm yakni kadar TSS nya termasuk rendah sehingga Konsentrasi DO/ Oksigen terlarut nya rendah karena tidak mendapat suplai oksigen dan menyebabkan konsentrasi BOD tinggi, sedangkan BOD dengan TDS: Dari hasil penelitian kita ketahui kadar TDS sebesar 0.36 ppm yakni kadar TDS termasuk rendah sehingga BOD dapat dikatakan rendah tapi kalau didalam proses elektrokoagulasi terdapat bahan kimia maka BOD bisa tinggi dan semakin banyak mikroorganisme/ senyawa- senyawa kimia, semakin banyak logam yang terkandung dalam proses Elektrokoagulasi, Daya Hantar Listrik(DHL) nya tinggi dan hambatan/ resistensinya rendah.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dengan melihat hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan yang didasarkan pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Dosis tawas dan waktu kontak sangat berpengaruh terhadap penurunan BOD yakni semakin banyak dosis tawas yang digunakan dan waktu kontak yang lebih lama maka akan terjadi penurunan efisiensi yang baik
2. Dari hasil analisa laboratorium diketahui bahwa Proses Elektrokoagulasi menggunakan elektroda tembaga dapat menurunkan konsentrasi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dengan konsentrasi di inlet sebesar 3223 mg/l dan di outlet filtrasi penurunan konsentrasinya sebesar 255.2 mg/l pada dosis 15000 dan efisiensinya sebesar 92 % dengan waktu kontak 100 menit, tetapi masih diatas baku mutu yang diijinkan yakni 12 mg/L menurut Peraturan Pemerintah No 82 thn 2001 tentang penggolongan air dalam kelas empat yaitu untuk kegiatan pertanian
3. Penurunan konsentrasi BOD terjadi karena adanya penguraian oleh aktifitas mikroorganisme yang terjadi pada proses elektrokoagulasi sebelum melewati sedimentasi dan filtrasi.
4. Akibat batangan anoda dialiri listrik, maka akan terjadi reaksi oksidasi yang menyebabkan lepasnya ion-ion Cu^{2+} ke badan air sehingga pengkroposan terjadi pada batangan anoda. Ini adalah kelemahan dari elektrokoagulasi

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan guna kesempurnaan penelitian tentang Penurunan Konsentrasi BOD pada *proses Elektokoagulasi menggunakan elektroda Tembaga* ini antara lain :

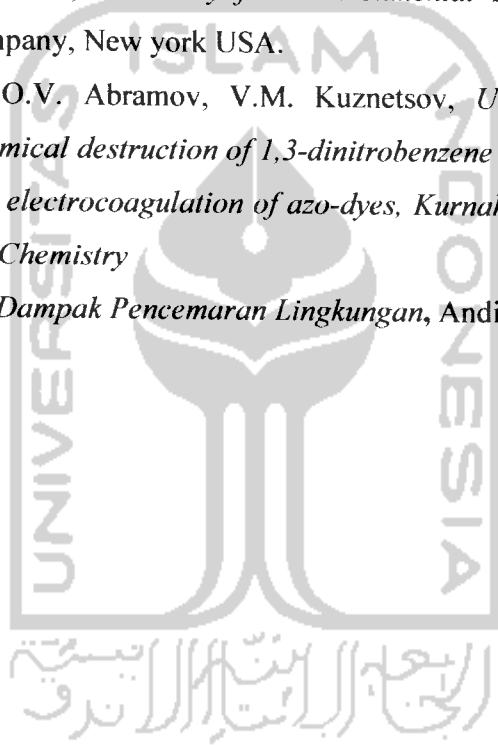
1. Perlu dilakukan studi pustaka dan penelitian lebih lanjut mengenai metode Elektokoagulasi
2. Perlu dilakukan penjagaan terhadap kondisi reaktor agar sesuai dengan kondisi yang diharapkan.
3. Pada penelitian ini, kondisi adaptor yang digunakan kurang bagus sehingga kuat arus tidak dapat diperhitungkan karena keterbatasan alat tersebut, kedepannya hal ini agar lebih diperhatikan lagi dengan memakai adaptor yang bagus kondisinya.
4. Pada penelitian ini, kecepatan *magnetic steer barr* sebesar 10 rpm, alangkah baiknya bila kedepannya untuk penelitian selanjutnya digunakan alat pengaduk yang kecepatannya lebih dari 10 rpm agar terbentuk flok-flok yang bagus.
5. Penambahan aerator pada penelitian ini perlu diperhatikan lagi, karena penambahan aerator ini mempunyai efek positif dan negatif.
6. Perlu diperhatikan tentang pemilihan batang anoda, karena begitu dialiri listrik maka logam di batangan anoda akan mengalami proses oksidasi yaitu proses pelepasan elektron. Hal ini akan menyebabkan korosi pada batangan anoda, untuk itu kedepannya perlu dilakukan pemilihan batangan anoda yang sukar mengalami oksidasi dan mudah mengalami reduksi. Sebaiknya penelitian selanjutnya dapat digunakan batangan elektrodanya menggunakan platinum/ karbon.
7. Pemakaian reaktor filtrasi untuk dosis yang berbeda perlu dicuci terlebih dahulu sebelum dipakai untuk pengujian selanjutnya

DAFTAR PUSTAKA

- A.K. Golder, A.N. Samanta and S. Ray, *Removal of Cr³⁺ by electrocoagulation with multiple electrodes: Bipolar and monopolar configurations*, Department of Chemical Engineering, IIT Kharagpur, Kharagpur 721 302, India
- Alaerts G., dan S.S Santika., 1984, " *Metode Penelitian Air*", Usaha Nasional, Surabaya.
- Anatoly Dimoglo, Gülşat Tolegenova, Salim Öncel and Nihal Bektaş, *removal Of Nickel, Cupper And Mercury From Aqueous Solutions By Electro-Coagulation Using Aluminium Electrodes*, Environmental Engineering Department, Gebze Institute of Technology, 41400, Gebze, Turkey
- Anonimus, 1990, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416 / MENKES / PER / IX / 1990 " Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonimus, 2001, " Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air", Jakarta.
- Djajadiningrat.H.1992, " *Pengendalian Pencemaran Limbah Industry*",Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP.ITB
- E. Bazrafshan, A. H. Mahvi, S. Nasserri, A. R. Mesdaghinia, F. Vaezi, Sh. Nazmara, *Removal Of Cadmium From Industrial Effluents By Electrocoagulation Process Using Iron Electrodes*, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Center for Environmental Research, Medical Sciences/University of Tehran, Tehran, Iran
- Effendi, H. 2003, *Telaah Kualitas Air*, Penerbit kanisius, Yogyakarta.
- Fardiaz, S. 1992, *Polusi Air Dan Udara*, PAU Pangan Dan Gizi, I Bogor.
- Gintings, P, 1992, " *Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri*", Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Gordon M. Fair, Jhon C. Geyer, dan Danil A. Okum, 1968 " *Waste and Wastewater Engenerring*", Volume 2 Jhon willey and Sons Inc. New York.

- Johanes H, 1978, *Listrik Dan Magnet*, Balai Pustaka, Jakarta.
- Julianto, S, T, 1999, Kerja Praktek, “ Pengaruh penambahan poly Alumunium Chloride (PAC) terhadap penurunan kadar krom pada proses pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit di balai penelitian dan pengembangan barang industri kulit, karet dan plastik, Yogyakarta
- L. J. Xu,* B. W. Sheldon,†,2 D. K. Larick,‡ and R. E. Carawan, *Recovery and Utilization of Useful By-Products from Egg Processing Wastewater by Electrocoagulation*, Praxair, Inc., Burr Ridge, Illinois 60521; and †Departments of Poultry Science and ‡Food Science, North Carolina State University, USA
- Mahida U.N, 1984, *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah industri* ,Rajawali, Jakarta
- Masduki, A, dan Slamet, A, 2002 “Satuan Operasi untuk pengolahan air” Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS, Surabaya
- Mehmet Ugurlu, *The Removal Of Some Inorganic Compounds From Paper Mill Effluents By The Electrocoagulation Method*, Faculty of Science and Education. Muğla University 48000, TURKEY
- Metcalf, and Eddy, 2003, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 4th Edition, McGraw-Hill, New York.
- Peter K. Holt, Geoffrey W. Barton, Cynthia A. Mitchell, *The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology*, Department of Chemical Engineering, University of Sydney, NSW 2006, Sydney, Australia.
- Qasim, S. R, 1985, *Wastewater Treatment Plants and Operation Planning, Design*, Holt, Rinehart and Winston, USA.
- Riyadi. Slamet, 1984 “ *Pencemaran Air*” Karya Anda, Surabaya.
- R. Ramesh Babu, N.S. Bhadrinarayana, K.M.Meera Sheriffa Begum*, N.Anantharaman, 2007, *Treatment Of Tannery Wastewater By Electrocoagulation*, *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 42, 2, 2007, 201-206.

- Soemirat, J, 1994, “ Kesehatan Lingkungan”, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Sugiharto, 1987, ”Dasa- dasar Pengolahan Air Limbah”, cetakan pertama, UI Press, Jakarta
- Tchobanoglous, 1985 “ Small and Decentralized wastewater Managemen System”, Mc.Graw Hill International Edition.
- Tinsley dan Fransini, 1991 “ Chemical concep in pollutant behavior, oregon state university, Carvallis
- Tjou Koli Nem, 1988, *Chemistry for Environmental Engineering*, Mc.Graw Hill Book Company, New york USA.
- V.O. Abramov, O.V. Abramov, V.M. Kuznetsov, *Ultrasonic intensification of electrochemical destruction of 1,3-dinitrobenzene and 2,4_dinitrotoluene with ozone and electrocoagulation of azo-dyes*, Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry
- Wardhana, 1995, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi Offset, Yogyakarta.



LAMPIRAN I

PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 82 TAHUN 2001

TENTANG

PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN
PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR



POLIPOLIPIRAN

PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 82 TAHUN 2001
TANGGAL 14 DESEMBER 2001

TENTANG

PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi Temperatur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L
KIMIA ANORGANIK						
		6-9	6-9	6-9	3-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
CO ₂	mg/L	2	3	6	12	
CO ₃	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sebagai N	mg/L	10	10	20	20	

NH3-N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang teka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH3
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Berun	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Krom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timah	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb $\leq 0,1$ mg/L
Mangan	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
A. Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L
Klorida	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Sulfida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	

Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO ₂ -N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	

MIKROBIOLOGI

Fecal coliform	jumlah/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jumlah/100 ml dan total coliform ≤ 10000 jumlah/100ml
Total coliform	jumlah/100 ml	1000	5000	10000	10000	

RADIOAKTIVITAS

Gross - A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1
Gross - B	Bq/L	1	1	1	1

KIMIA ORGANIK

Minyak dan Lemak	mg/L	2000	1000	1000	(-)
Detergen sebagai MBAS	mg/L	200	200	200	(-)
Senyawa Fenol	mg/L	1	1	1	(-)
Sebagai Fenol	mg/L				
BHC	ug/L	210	210	210	(-)
Aldrin/Dieldrin	ug/L	7	(-)	(-)	(-)
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)
DDT	ug/L	2	2	2	2
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	ug/L	0,8	(-)	(-)	(-)
Lindane	ug/L	5	(-)	(-)	(-)
Methoxyctor	ug/L	35	(-)	(-)	(-)
Endrin	ug/L	4	4	4	(-)
Toxaphan	ug/L	5	(-)	(-)	(-)

Keterangan :

mg = miligram

ug = mikrogram

ml = militer

L = liter

Bq = Bequerel

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO.

Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum.

Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan

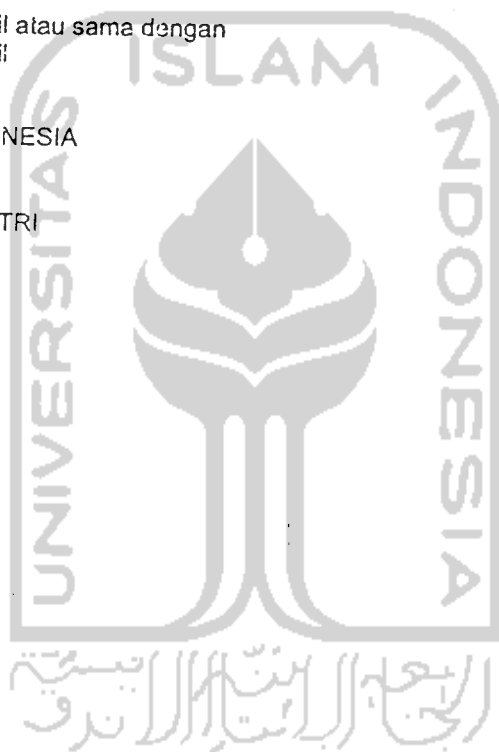
Tanda £ adalah lebih kecil atau sama dengan

Tanda < adalah lebih kecil

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

ttd.

MEGAWATI SOEKARNO PUTRI



LAMPIRAN II

HASIL PENGUJIAN BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND



No : 051 L.K.L TSP UII

Hal : 1 dari 1

SERTIFIKAT HASIL UJI KUALITAS AIR LIMBAH

Jenis Contoh Uji : Air Lindi
 Tanggal Pengujian :
 Contoh : 03 April 2007
 Parameter yang diuji : Biological Oxygen Demand (BOD)
 Kode Lab. : 03 LKL FTSP
 Analis : Astrin Muziarni

Tawas 15.000 PPM :

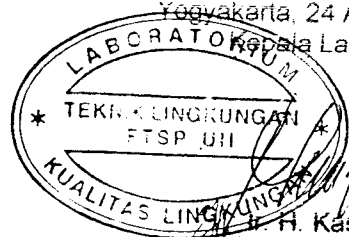
No	Unit pengoiahan	Satuan	Hasil pengujian BOD					Metode Uji
			0	25 mnt	50 mnt	75 mnt	100 mnt	
	Sedimentasi	mg/L	3223	757.1	540.3	527.1	504.6	SNI M - 70 - 1990 - 03
	Filtrasi	mg/L	3223	372.2	289.5	277.1	255.2	SNI M - 70 - 1990 - 03

Tawas 20.000 PPM :

	Unit pengoiahan	Satuan	Hasil pengujian BOD					Metode Uji
			0	25 mnt	50 mnt	75 mnt	100 mnt	
	Sedimentasi	mg/L	3223	692.2	654.8	393.3	359.3	SNI M - 70 - 1990 - 03
	Filtrasi	mg/L	3223	350	346.6	330.9	289.1	SNI M - 70 - 1990 - 03

- atatan : 1. Hasil uji ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji
 2. Sertifikat Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin dari Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII.

Yogyakarta, 24 Agustus 2007



Kepala Laboratorium

H. Kasari, MT

Tabel 1 Efisiensi penurunan konsentrasi BOD pada 15000 ppm terhadap waktu kontak

Waktu kontak	Sampel			
	Sedimentasi		Filtrasi	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
25	757.1	76	372.2	51
50	540.3	83	289.5	46
75	527.1	83	277.1	47
100	504.6	84	255.2	49

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 2 Efisiensi penurunan konsentrasi BOD pada 20000 ppm terhadap waktu kontak

Waktu kontak	Sampel			
	Sedimentasi		Filtrasi	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
25	692.2	78	350	49
50	654.8	79	346.58	47
75	393.3	87	330.91	16
100	359.3	88	289.07	20

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 3 Hasil pengujian konsentrasi BOD pada 15000 ppm tawas terhadap waktu kontak

Waktu kontak	Sampel	
	Sedimentasi (mg/L)	Filtrasi (mg/L)
0 menit (sampel awal)	3223	
25 menit	757.1	372.2
50 menit	540.3	289.5
75 menit	527.1	277.1
100 menit	504.6	255.2

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 4 Efisiensi penurunan konsentrasi BOD

Waktu kontak	Sampel			
	Sedimentasi		Filtrasi	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
25 menit	757.1	76	372.2	88
50 menit	540.3	83	289.5	91
75 menit	527.1	83	277.1	91
100 menit	504.6	84	255.2	92

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 5 Hasil pengujian konsentrasi BOD pada 20000 ppm tawas terhadap waktu kontak

Waktu kontak	Sampel	
	Sedimentasi (mg/L)	Filtrasi (mg/L)
0 menit (sampel awal)	3223	
25 menit	692.2	350
50 menit	654.8	346.5
75 menit	393.3	330.9
100 menit	359.3	289

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 6 Efisiensi penurunan konsentrasi BOD

Waktu kontak	Sampel			
	Sedimentasi		Filtrasi	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
25 menit	692.2	78	350.00	89
50 menit	654.8	79	346.58	89
75 menit	393.3	87	330.91	89
100 menit	359.3	88	289.07	91

Sumber : Data Primer 2007