

TA/TL/2007/0218

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAN/BELI	
TGL. TERIMA :	10-12-2007
NO. JUDUL :	2751
NO. INV. :	5120002751001
NO. INDUK :	002751

TUGAS AKHIR

**PENURUNAN KADAR *CHEMICAL OXIGEN DEMAND* (COD) PADA
LINDI (*LEACHATE*) TPA PIYUNGAN DENGAN METODE
ELEKTROKOAGULASI**

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



الجامعة الإسلامية
INDONESIA



Disusun Oleh :

TUTIK ALAWIYAH

NIM. 03 513 081

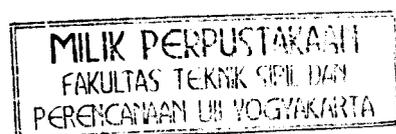
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2007



” ○ ”

Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidupku, dan matiku
hanyalah untuk Allah, Tuhan semesta Alam

(QS. Al. An'am : 162)

Dan Rabb kalian berfirman, “ Memohonlah Kepada-Ku
niscaya Aku akan mengabdikan untuk kalian

(QS. Al Mukmin : 60)

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan

(QS. Asy Syarh : 6)

Apabila kamu tidak dapat memberikan kebaikan kepada
orang lain dengan kekayaanmu, berilah mereka kebaikan
dengan wajahmu yang berseri-seri serta akhlakmu yang
baik

(Nabi Muhammad SAW)

Tidak ada rahasia untuk mengapai sukses . Sukses itu dapat
terjadi karena persiapan, kerja keras, dan mau belajar dari
kegagalan

(General Collin Powell)

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENURUNAN KADAR *CHEMICAL OXIGEN DEMAND* (COD) PADA
LINDI (*LEACHATE*) TPA PIYUNGAN DENGAN METODE
ELEKTROKOAGULASI**

Nama : Tutik Alawiyah

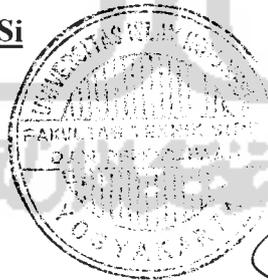
NIM : 03 513 081

Program Studi Teknik Lingkungan

Telah diperiksa & disetujui oleh:

LUQMAN HAKIM, ST, MSi

Pembimbing I




Tanggal: 28/9/2007

TATANG SHABUR J. SSi, MSi

Pembimbing II



Tanggal: 24 September 2007

PERSEMBAHAN

DENGAN UCAPAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan segala kerendahan hati, Ku persembahkan karyaku ini sebagai rasa sukur kepada allah atas nikmat-NYA selama ini dan baktiku kepada kedua orang tua ku ayahanda H. Farhan KH. Dan ibunda Hj. Wahyuni serta cintaku kepada kakak dan adek ku yang selalu memberikan do'a restu serta cintanya kepadaku untuk menapaki dunia ini serta melangkah menjalani hidup ini.

Kepadamu ya Allah.....

"Robbigfirli Waliwalidayya Warhamhuma Kama Robbayani Sogiro"

Amien..... !!!!

6. Mas Agus yang telah banyak membantu proses pelaksanaan tugas akhir ini.
7. Abdul, Recy, Alfi, Astrin, Andes, partner TA ku. Terima kasih atas kebersamaan, kasih sayang, perhatian, persahabatan, persaudaraan, dukungan, motivasi dan segalanya Indahnya kebersamaan ini tidak akan pernah aku lupakan. Keep struggle gays...!!!
8. Kepada semua pihak yang belum disebutkan disini, yang telah membantu penulisan tugas akhir ini.
9. Terakhir Semua temen² khususnya buat anak² lingkungan “keindahan itu akan datang pada waktunya dan akan menjadi milik kita SO jagalah lingkunganmu yang merupakan hartamu karena itu akan menjadi bekalmu dan bekal anak cucu mu untuk masa depan kalian”.

Penulis sadar dalam tugas akhir ini masih banyak sekali kekurangan dan kelemahannya, karena itu perkenankanlah permohonan maaf dari penulis. Besar harapan penulis karya ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan kontribusi kebaikan dunia dan akhirat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca atau rekan mahasiswa umumnya.

Wabillahitaufiq Walhidayah

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, September 2007

Penulis

REMOVAL OF CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD) FROM LEACHATE TPA PIYUNGAN USING ELECTROCOAGULATION METHOD

ABSTRACT

One of the waste water source is come from leachate, Certainly contain a lot of undesirable component. If thrown to the environment, some of them will release pollution. Elektrokoagulation (EC) is continue coagulation process by using parallel electrolysis. Current through electrochemistry, an electrolyte decomposition symptom that used for waste water treatment, in which one of the electrode has been made from aluminium. The purpose of this research is to know influence of dose and time contact in a treatment which use elektrokoagulasi method and to know the efficiency of this method in decreasing of Chemical Oxygen Demand (COD) rate which is containing in leachate after passing elektrokoagulation process.

The research has done by using electrocoagulation with copper bar as cathode and aluminium bar as anode as electrode. When the research has begun, leachate pass the reactor with turbulent stream and electricity so that ion that contain in leachate is adsorb by ion from electrode, so trying between those ion will be happen. Sample was taken from outlet and then was analysed. Laboratory analysis for COD is based on SNI.06.6989.2..2004 closed reflux method (spectrophotometer) and considering pH amount, Temperature, TSS, TDS and other physical parameters.

Based on laboratory analysis, shown that there is most decreasing COD rate and reach 96,89% in 100 minutes on outlet (filtration) using dose 15000 ppm with basic condition (pH average 6-7) and 30° C of temperature. Decreasing of COD rate is influenced by contact time and coagulant dose that is used in electrocoagulation treatment.

Key Words : Leachate TPA Piyungan, Elektrokoagulasi, COD.

PENURUNAN KADAR *CHEMICAL OXIGEN DEMAND* (COD) PADA LINDI (*LEACHATE*) TPA PIYUNGAN DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

INTISARI

*Salah satu sumber limbah adalah berasal dari lindi TPA piyungan yang mengandung banyak komponen yang tidak diinginkan. Bila dibuang ke lingkungan beberapa diantaranya akan memunculkan masalah pencemaran. elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinue dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit di gunakan untuk mengolah air limbah, dimana salah satunya elektrodanya terbuat dari aluminium. Penelitian ini bertujuan Mengetahui pengaruh waktu kontak dan dosis dalam pengolahan yang menggunakan metode elektrokoagulasi serta untuk mengetahui tingkat efisiensi penurunan kadar *Chemica Oxigen Demand* (COD) yang terkandung dalam Lindi (Leachate) setelah melalui proses elektrokoagulasi.*

Penelitian dilakukan dengan menggunakan elektrokoagulasi dengan menggunakan batangan tembaga sebagai katoda bermuatan negatif dan batangan aluminium sebagai anoda yang bermuatan positif sebagai elektroda. pada saat penelitian lindi melewati reaktor dengan aliran turbulen dan di aliri listrik supaya ion – ion yang ada pada lindi teradsorpsi oleh ion – ion pengikat yang di lepaskan oleh elektroda pada alat elektrokoagulasi sehingga akan terjadi ikatan antara ion senyawa organik yang ada pada lindi dengan ion yang di sebabkan oleh proses elektrokoagulasi. Sampel diambil pada outlet kemudian dianalisa. Analisa laboratorium untuk parameter COD mengacu pada SNI 06-6989.2-2004 metode refluks tertutup secara spektrofotometri serta memperhatikan nilai pH, Suhu TSS dan beberapa parameter fisik lainnya.

Berdasarkan hasil laboratorium, setelah dilakukan analisa menunjukkan adanya penurunan konsentrasi COD dengan persentase tertinggi mencapai 96,893 % terjadi pada menit ke 100 pada outlet (filtrasi) dengan menggunakan dosis 15000 ppm dimana lindi dalam suasana basa serta Rata-rata pH pada waktu penilitain sebesar 6-7 dan suhu 30° C. Penurunan COD di pengaruhi oleh waktu kontak dan dosis koagulan yang di gunakan pada saat melakukan pengolahan lindi dengan menggunakan elektrokoagulasi, penurunan.

Kata Kunci : *Lindi TPA Piyungan, Elektrokoagulasi, COD.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAKSI	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sumber dan Karakteristik Air Limbah	4
2.1.1 Pengertian Limbah	4
2.1.2 Sumber Air Limbah	5
2.1.3 Komposisi Air Limbah	8
2.1.4 Sifat-Sifat Limbah	9
2.1.5 Karakteristik Air Limbah	10
2.2 Lindi (<i>Leachate</i>)	13
2.2.1 Pengaruh Lindi Terhadap Polusi air	20
2.2.2 Faktor Yang mempengaruhi O ₂ Dalam Air.....	21

2.3	Parameter Yang diteliti Dalam Lindi (<i>Leachate</i>)	22
2.4	Penanggulangan Masalah Limbah	25
	2.4.1 Pengendalian Bahaya Limbah.....	25
	2.4.2 Jenis-Jenis Pengolahan Limbah	26
2.5	Elektrokoagulasi.....	26
	2.5.1 Sel Elektrolisis	31
	2.5.2 Tembaga (Cu)	31
	2.5.3 Aluminium (Al)	31
2.6	Baffel Channel Flocculator	32
2.7	Sedimentasi	33
3.8	Filtrasi	34
2.9	Arus Listrik.....	37
2.10	Aerasi	38
2.11	Hipotesa.....	38
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Lokasi Penelitian.....	39
3.2	Objek Penelitian.....	39
3.3	Waktu Penelitian.....	40
3.4	Variabel Penelitian.....	40
3.5	Tahap Pelaksanaan Penelitian.....	40
	3.5.1 Bahan Penelitian	40
	3.5.2 Alat Yang digunakan Dalam Penelitian.....	40
3.6	Tahap Penelitian.....	42
3.7	Langkah Penelitian.....	43
	3.7.1 Tahap Persiapan.....	43
	3.7.2 Pembuatan Alat Elektrokoagulasi.....	43
	3.7.3 Tahap Cara Kerja.....	44
3.8	Analisa Laboratorium <i>chemical oxygen Demant</i> (COD).....	45

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Pra Studi.....	48
4.1.1	Desain Alat.....	48
4.2	Jenis dan Dosis Koagulan.....	55
4.2.1	Elektroda.....	62
4.2.2	Waktu Kontak.....	62
4.3	Parameter Fisik.....	63
4.3.1	pH.....	63
4.3.2	DHL.....	64
4.3.3	TSS.....	64
4.3.4	TDS.....	66
4.3.4	Warna.....	68
4.3.5.1	Penggolongan Zat Warna.....	69
4.3.6	Salinitas.....	71
4.3.7	Suhu.....	73
4.3.8	DO.....	73
4.4	Konsentrasi COD dalam Lindi TPA Piyungan.....	76
4.4.1	Pengguraan Dosis Koagulan.....	80
4.4.2	Pengaruh COD Terhadap Logam Berat.....	83

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	93
5.2	Saran.....	94

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Limbah Domestik.....	6
Tabel 2.2	Komposisi Limbah Domestik	6
Tabel 2.3	Kandungan Unsur – Unsur Dalam <i>Leachate</i>	19
Tabel 4.1	Percobaan <i>Jar Test</i> Dengan Variasi Koagulan	58
Tabel 4.2	Percobaan Elektrokoagulasi Dengan Variasi Dosis Tawas	61
Tabel 4.3	Ringkasan Kualitas Air Untuk Parameter Fisik.....	75
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Awal Konsentrasi COD.....	76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Pengelompokan Bahan Yang Terkandung Di Dalam Air Limbah.....	9
Gambar 2.2	Sketsa Pengolahan Sampah Menggunakan Sanitary Lanfill ...	14
Gambar 2.3	Proses Pembentukan Lindi akibat adanya air Eksternal yang berinfiltrasi ke dalam landfill.....	16
Gambar 3.1	Lokasi Pengambilan sampel di TPA piyungan	39
Gambar 3.2	Diagram Tahap Penelitian.....	42
Gambar 3.3	Rangkaian Desain Alat Elektrokoagulasi	44
Gambar 3.4	Pemanas Tabung Refluks Tertutup.....	46
Gambar 3.5	Spektrofotometer.....	46
Gambar 4.1	Bak Elektrokoagulasi dan Magnetik Steer Bar.....	49
Gambar 4.2	Bak Baffle Channel Flokulator	50
Gambar 4.3	Bak Sedimentasi.....	51
Gambar 4.4	Efisiensi Bak Sedimentasi Pada Menit 100	52
Gambar 4.5	Bak Filtrasi	53
Gambar 4.6	Efisiensi Bak Filtrasi Pada Menit 100.....	53
Gambar 4.7	Efisiensi COD dalam unit pengolahan pada variasi waktu kontak dan dosis.....	54
Gambar 4.8	Percobaan Jar test.....	55
Gambar 4.9	Percobaan <i>jar test</i> Dengan Menggunakan Tawas.....	56
Gambar 4.10	Percobaan <i>jart test</i> Dengan Menggunakan Ferro sulfat.....	57
Gambar 4.11	Percobaan <i>jart test</i> Dengan Menggunakan Variasi Ferro Sulfat dan Kapur Tohor.....	58
Gambar 4.12	Percobaan Elektrokoagulasi.....	59
Gambar 4.13	Percobaan Elektrokoagulasi Dengan Menggunakan Tawas 8 gr/500ml.....	61
Gambar 4.14	Batang Anoda Dari Tembaga dan Katoda Dari Aluminium...	62
Gambar 4.15	Efisiensi DHL Dengan Variasi Waktu Kontak Terhadap Variasi	

	Dosis Tawas	64
Gambar 4.16	Efisiensi TSS Dengan Variasi Waktu Kontak Terhadap Variasi Dosis Tawas	65
Gambar 4.17	Skema Zat Padat Total	67
Gambar 4.18	Efisiensi TDS Dengan Variasi waktu Kontak Terhadap Variasi Dosis Tawas	68
Gambar 4.19	Variasi Waktu Kontak Terhadap Variasi Dosis Tawas	70
Gambar 4.20	Variasi Waktu Kontak terhadap Konsentrasi salinitas	72
Gambar 4.21	Lindi Hasil Proses Elektrokoagulasi	79
	a. Dosis Tawas 15000 ppm	
	b. Dosis Tawas 20000 ppm	
Gambar 4.22	Efisiensi penurunan COD Pada Dosis 15000 ppm dan 20000 Ppm Pada Outlet.....	81
Gambar 4.23	Efisiensi COD dan Logam berat pada Dosis 15000 ppm dan 20000 ppm terhadap Variasi waktu kontak dan Dosis.....	83
Gambar 4.24	Lapisan ganda listrik partikel koloid.....	84
Gambar 4.25	Proses Reduksi Oksidasi pada Elektrokoagulas	86
Gambar 4.26	Prinsip Kerja Elektrokoagulasi	86

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Tabel 1 Konsentrasi Penurunan COD
- Lampiran 2. Tabel 2 Efisiensi Penurunan COD Keseluruhan
- Lampiran 3. Tabel 3 Efisiensi Logam Berat
- Lampiran 4. Tabel 4 Efisiensi COD PerUnit
- Lampiran 5. Grafik 1 Konsentrasi Penurunan COD
- Lampiran 6. Grafik 2 Efisiensi Penurunan COD
- Lampiran 7. Sertifikat Hasil Tes Laboratorium Parameter COD
- Lampiran 8. Peraturan pemerintah No. 82 Tahun 2001 yaitu tentang Penggolongan air



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 biologi, 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. (Joko Prayitno dan Sri Pudji, 2007)

Salah satu kandungan yang menyebabkan pencemaran oleh lindi ini adalah karna nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang terdapat pada lindi tinggi hal ini dapat dilihat dengan tingginya kadar logam yang terdapat pada limbah lindi tersebut, keberadaan logam berat dan senyawa – senyawa pada lindi mempengaruhi nilai COD yang ada di lindi itu juga.

Pencemaran yang terjadi pada badan air yang di sebabkan oleh keberadaan logam berat dan senyawa – senyawa lain yang dapat mempengaruhi keberadaan COD pada lindi tersebut sangat berbahaya bagi lingkungan terutama jika air tersebut akan di gunakan oleh masyarakat oleh sebab itu diperlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum air yang tercemar tersebut oleh limbah lindi di gunakan untuk keperluan masyarakat.

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. Dimana proses pengolahan ini tidak memerlukan biaya yang tinggi dan sistem kerjanya pun sangat efektif dan efisien.

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 *Chemical Oxygen Demand* (COD).

Air limbah umumnya mengandung bahan organik yang pengolahannya dapat dilakukan dengan proses biologis. 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.

1.2 Rumusan Masalah.

Berdasarkan uraian tersebut diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber dan Karakteristik Air Limbah

2.1.1 Pengertian Limbah

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.

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.

2.1.2 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.

Tabel 2.1 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

Tabel 2.2. Komposisi Limbah Domestik

Kontaminan	Satuan	Konsentrasi	Konsentrasi	Konsentrasi
		Rendah	Medium	Tinggi
Total Solid (TS)	mg/L	390	720	1230
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	270	500	860
Fixed	mg/L	160	300	520
Volatil	mg/L	110	200	340

Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	120	210	400
Fixed	mg/l	25	50	85
Volatil	mg/L	95	160	315
Settleable Solids	mL/L	5	10	20
BOD ₅ , 20°C	mg/L	110	190	350
Total Organik Karbon (TOC)	mg/L	80	140	260
COD	mg/L	250	430	800
Nitrogen (Total sbg N)	mg/L	20	40	70
Organik	mg/L	8	15	25
Amoniak bebas	mg/L	12	25	45
Nitrit	mg/L	0	0	0
Nitrat	mg/L	0	0	0
Phospor (Total Sbg Phospor)	mg/L	4	7	12
Organik	mg/L	1	2	4
InOrganik	mg/L	3	5	10
Klorida	mg/L	30	50	90
Sulfat	mg/L	20	30	50
Minyak dan Lemak	mg/L	50	90	100
VOCs	mg/L	<100	100-400	>400
Total Coliform	No./100mL	10 ⁶ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ¹⁰
Fecal Coliform	No./100mL	10 ³ -10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁶	10 ⁵ -10 ⁸

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003, Wastewater Engineering Treatment and Reuse, hal 186

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

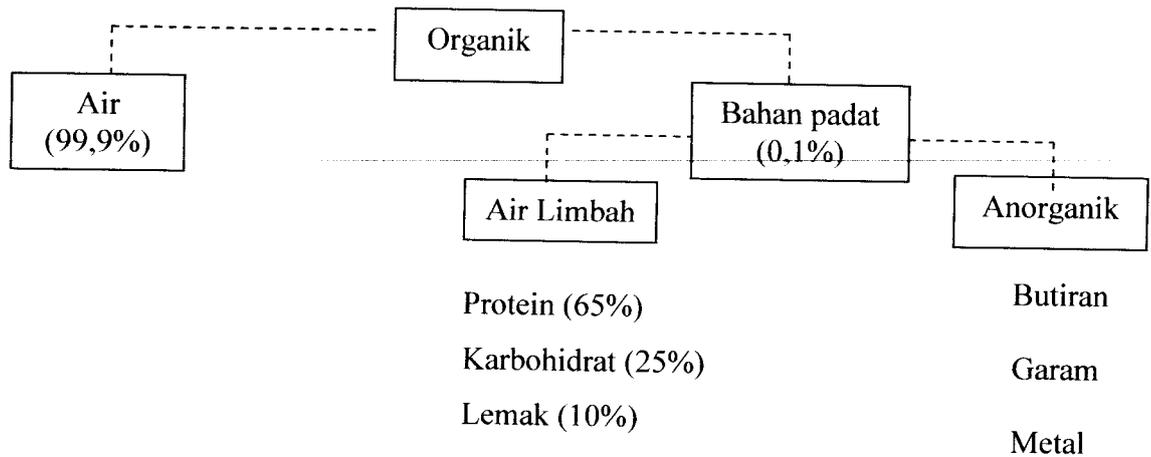
dan bak pengaman, untuk memperkirakan jumlah air yang dihasilkan oleh industri yang tidak menggunakan proses basah diperkirakan $50 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{hari}$. Sebagai patokan dapat digunakan pertimbangan bahwa 85-95 % dari jumlah air yang dipergunakan adalah berupa air limbah apabila industri 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.

2.1.3 Komposisi Air Limbah

Sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Akan tetapi, Polutan-polutan yang terdapat di dalam air limbah dapat dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu Suspended Solid (SS), Koloid, dan Zat terlarut. secara garis besar zat-zat yang terdapat di dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada skema berikut ini.



Gambar 2.1 Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air limbah (Sugiharto, 1987).

2.1.4 Sifat-Sifat Air Limbah

Secara garis besar zat yang terdapat dalam air limbah adalah kandungan zat padat sebagai sifat fisik yang terdiri dari kekeruhan, warna, dan suhu warna air tergantung dari umurnya, semakin pekat warna air semakin lama umurnya sampai berwarna hitam.

Kekeruhan terjadi karena adanya zat padat sebab semakin keruh maka semakin tinggi konsentrasi zat padatnya. Bau tergantung dari umur, bau yang tajam mulai tercium setelah air buangan yang keluar dari sumbernya berumur 2 jam (dimulainya penguraian). Sifat Kimia pada air limbah adalah Kandungan bahan kimia yang terdapat pada air limbah dapat merugikan lingkungan. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam air limbah, serta menimbulkan rasa bau tak sedap dan berbahaya bila bahan tersebut unsur beracun.

Dalam air limbah dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Bahan Organik

Zat padat tersebut merupakan bagian dari kelompok binatang, tumbuhan serta kegiatan manusia yang berhubungan dengan komponen bahan komponen organik tiruan. Pada umumnya bahan organik berisikan komposisi dari karbon, hidrogen, dan oksigen bersama-sama nitrogen, belerang, phospor dan besi. Semakin banyak

jumlah dan jenis bahan organik dalam air limbah akan pengolahan, sebab beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme.

2. Bahan Anorganik

Beberapa komponen organik dari air limbah merupakan komponen penting untuk pengawasan air yang ada di lingkungan. Kandungan bahan organik akan meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh formasi biologis dan asal air buangan tersebut. Yang termasuk bahan organik adalah khlorida, nitrogen, fospor, dan mineral-mineral lainnya.

2.1.5 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.

1. Karakteristik Fisik

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 *disolved*, *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*.

2. Karakteristik Biologi

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.

Karakteristik biologi limbah merupakan hal yang penting karena terdapat beribu ribu bakteri mikroorganisme lain terdapat didalam air limbah yang belum diolah, Pengolahan terhadap senyawa pada lindi yang mengandung bakteri patogen perlu dilakukan sebelum air lindi tersebut memasuki badan air. Sifat biologis air limbah merupakan salah satu parameter yang penting hal ini dikarenakan adanya bakteriologis, virus, protozoa dan cacing parasit yang bersifat patogenik. Dalam menentukan tingkat pencemaran bakteriologis dengan menggunakan indikator berupa jumlah bakteri (Tjokrokusumo, 1998). Adapun pertumbuhan mikroorganisme ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti temperatur, pH, deras aliran, musim, dan lain-lainnya. Misalnya, oksigen terlarut dan zat organik akan menentukan jenis spesies yang terdapat dalam air. (J. S. Slamet, 2004). Mikroorganisme dapat berkembang dengan baik pada pH 6 – 9.

3. 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

Karakteristik kimia terbagi tiga kategori, yaitu bahan organik, bahan anorganik dan gas-gas. Untuk bahan organik meliputi protein, karbohidrat, minyak, lemak, dan fenol. Untuk bahan anorganik meliputi derajat keasaman (pH), logam berat

dan kesadahan. Karakteristik kimia senyawa organik maupun anorganik yang banyak terdapat dalam lindi. Parameter-parameter kimia dinyatakan dalam indikasi sebagai berikut :

a. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen terlarut dalam limbah cair yang dipakai untuk menguraikan sejumlah senyawa organik dengan bantuan mikroorganisme pada kondisi dan waktu tertentu. Pada umumnya waktu untuk reaksi penguraian zat organik tersebut diambil lima hari sehingga ditulis dengan BOD₅ (Anonim, 1994).

Zat-zat organik dalam limbah cair terutama tersusun dari unsur-unsur C, H, O dan sedikit N, S yang berpotensi menyerap oksigen. Oksigen tersebut digunakan untuk menguraikan atau membongkar senyawa organik. Dengan demikian kadar oksigen dalam limbah cair lama kelamaan berkurang dan limbah cair bertambah keruh serta berbau.

b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau mg/l yang dibutuhkan pada kondisi khusus untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi (Sugiharto, 1989). COD juga merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan bahan-bahan organik yang ada di dalam air, nilai COD menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi CO₂ dan air dengan perantara oksidator kuat dalam suasana asam.

c. pH

pH merupakan parameter penting untuk kehidupan biota air. Lindi dikatakan bersifat asam apabila pH <7 dan alkalis atau basa apabila pH >7.

d. Logam berat

Dalam limbah lindi beberapa kandungan logam berat ditemukan di antaranya Fe, Pb, Cr dan masih banyak yang lain, jika kadar dari logam berat yang terdapat pada lindi tersebut tinggi maka sangat berbahaya bagi

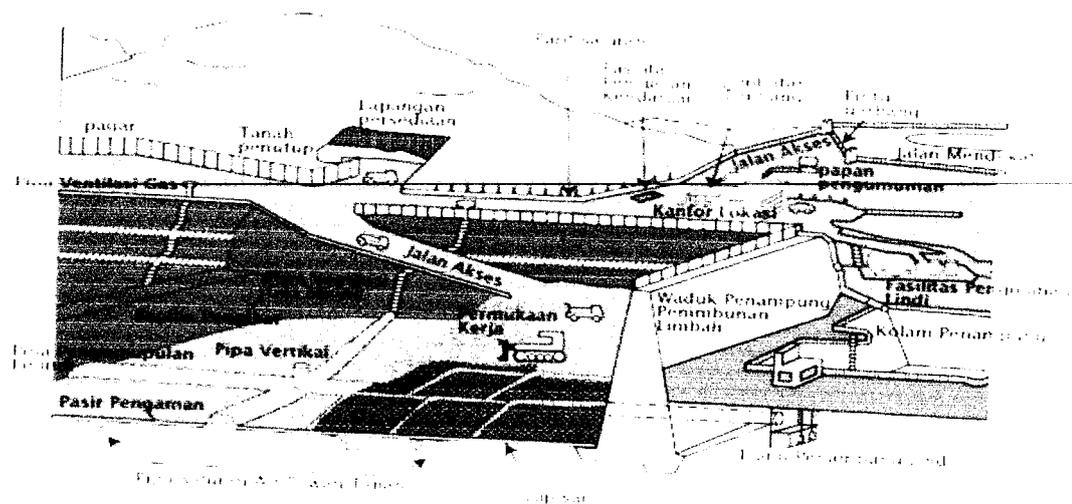
lingkungan sekitar jika limbah lindi tersebut di buang langsung ke sungai atau badan air lainnya.

2.2 Lindi (leachate)

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 2.2 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).

a. 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.

b. 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 kedalam *landfill*

c. 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 metan, karbondioksida, air, asam organik, nitrogen, amoniak, sulfida, besi, mangan dan lain-lain.

Dekomposisi sampah akibat aktivitas mikrobial 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 metan 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).

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 ganggang yang berlebih. Keberadaan amoniak yang berlebih di dalam air minum akan mempengaruhi rasa.

d. Keberadaan Lindi Pada TPA

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.

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)

e. Kualitaas dan Kuantitas Lindi

Kualitaas dan Kuantitas Leachate 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 (NO₃-N)
5. Tracemetal seperti : Mangan (Mn), timah hitam, serta komponen mikrobiologi

Tabel 2.3 Kandungan Unsur-Unsur Dalam *Leachate*

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)

2.2.1 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

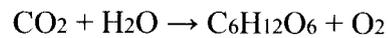
dalam jangka waktu yang lama tidak sesuai lagi untuk sumber air bersih aauntuk lebih jelasnya proses tersebut dapat di lihat pada gambar :

2.2.2 Faktor Yang Mempengaruhi O₂ Di Dalam Lindi

Air dikategorikan sebagai air terpolusi jika konsentrasi O₂ terlarut menurun di bawah batas yang dibutuhkan untuk kehidupan biota.

- a. Penyebab utama berkurangnya O₂ terlarut di dalam air adalah adanya bahan-bahan buangan yang mengkonsumsi O₂. Bahan-bahan tersebut terdiri dari bahan-bahan yang mudah dibusukkan atau dipecah oleh bakteri yang aktif memecah bahan-bahan tersebut. Oleh karena itu semakin tinggi kandungan bahan-bahan tersebut semakin berkurang konsentrasi O₂ terlarut.
- b. Difusi dengan udara
Apabila udara semakin kencang mengenai air, maka akan terjadi gelombang yang akhirnya menyebabkan udara masuk ke dalam air yang dibutuhkan oleh mikroorganisme terutama bakteri aerobik.
- c. Gerakan air
Air akan mengandung O₂ terlarut di dalamnya gerakan, misalnya grojokan. Grojokan secara langsung akan menambah besar kecilnya O₂ dalam perairan.
- d. Luas permukaan
Apabila permukaan kolam semakin luas, maka sinar matahari dan angin akan masuk pada kolam tersebut semakin banyak. Dengan adanya sinar matahari yang menembus permukaankolam semakin banyak akan membantu proses fotosintesa alga yang ada di dalam kolam.
- e. Alga
Alga dalam perairan akan berfungsi sangat penting bagi menambah besar kecilnya O₂. Semakin banyak alga yang berada di perairan maka proses fotosintesa semakin banyak pula dan tentunya dengan adanya sinar matahari proses fotosintesa akan menghasilkan O₂.

Reaksinya :



2.3 Parameter yang di teliti pada Lindi (leachete)

COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Untuk menyatakan kualitas air dibutuhkan beberapa parameter yang terkait. Salah satu diantaranya adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) yang didefinisikan sebagai jumlah oksigen (mgO_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam sampel air atau banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO_2 dan H_2O . Pada reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO_2 dan H_2O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri (Fardiaz, 1992).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air. (G. Alaerts, 1984).

Menurut Metcalf *and* Eddy (1991), COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia. Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi dengan cara menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media asam.

Menurut Benefield, 1982. Perbedaan COD dan BOD dapat dilihat sebagai berikut :

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

Untuk mengetahui jumlah bahan organik di dalam air dapat dilakukan suatu uji yang lebih cepat dibandingkan dengan uji BOD, yaitu berdasarkan reaksi kimia dari suatu bahan oksidan yang disebut uji COD (*Chemical Oxygen Demand*). Uji COD yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan seperti Kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) atau Kalium permanganat ($KMnO_4$) sebagai sumber oksigen/*oxidizing agent* yang digunakan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air. (Droste, Ronald L, 1997 dalam Effendi 2003).

Analisis BOD dan COD dari suatu air limbah dan menghasilkan nilai-nilai yang berbeda karena kedua uji mengukur bahan yang berbeda. Nilai COD selalu lebih tinggi dari nilai BOD. (Jenie dan Rahayu, 1993 dalam Effendi 2003).

Perbedaan diantara kedua nilai disebabkan banyak faktor antara lain :

- a) Bahan kimia yang tahan terhadap oksidasi biokimia tetapi tidak tahan terhadap oksidasi kimia seperti lignin.
- b) Bahan kimia yang dapat dioksidasi secara kimia dan peka terhadap oksidasi biokimia tetapi tidak dalam uji BOD₅ seperti selulosa, lemak berantai panjang atau sel-sel mikroba.
- c) Adanya bahan toksik dalam limbah yang akan mengganggu uji BOD tetapi tidak uji COD.

Untuk menyatakan kualitas air dibutuhkan beberapa parameter yang terkait. Salah satu diantaranya adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) yang didefinisikan sebagai jumlah oksigen ($mg O_2$) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam sampel air atau banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO_2 dan H_2O . Pada reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO_2 dan H_2O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak sama semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri (Fardiaz, 1976).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air. (G. Alaerts, 1984).

Menurut *Metcalf and Eddy* (1991), COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia. Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi dengan cara menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media asam.

Menurut *Benefield*, 1980 Perbedaan COD dan BOD dapat dilihat sebagai berikut :

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 *biodegradable/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 pada tes BOD sangat dipengaruhi aklimasi *seeding* bakteri.

Untuk mengetahui jumlah bahan organik di dalam air dapat dilakukan suatu uji yang lebih cepat dibandingkan dengan uji BOD, yaitu berdasarkan reaksi kimia dari suatu bahan oksidan yang disebut uji COD. Uji COD yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan seperti kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) atau kalium permanganat ($KMnO_4$) sebagai sumber oksigen/*Oxidizing Agent* yang digunakan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air. (Droste, Ronald L, 1997).

Air yang telah tercemar limbah organik sebelum reaksi oksidasi berwarna kuning, dan setelah reaksi oksidasi berubah menjadi warna hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap limbah organik seimbang dengan jumlah *kalium bichromat* yang digunakan pada reaksi oksidasi. Semakin banyak *kalium*

bicharbonat yang digunakan pada reaksi oksidasi, berarti semakin banyak oksigen yang diperlukan. Uji COD pada umumnya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dibandingkan dengan uji BOD, karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD. Selulosa adalah salah satu contoh yang sulit diukur melalui uji BOD karena sulit dioksidasi melalui reaksi biokimia, akan tetapi dapat diukur melalui uji COD. (Pramudya Sunu, 2001).

2.4 Penanggulangan Masalah Limbah

2.4.1 Pengendalian Bahaya Limbah

Sebagian besar pertambahan populasi penduduk dunia terjadi di negara-negara berkembang seperti Indonesia, yang pada akhirnya akan mengakibatkan perubahan pola dan gaya hidup, standar kehidupan yang akan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan barang dan jasa. (*United Nation*, 2002). Indonesia sebagai negara berkembang mengalami ketiga hal tersebut. Sehingga secara otomatis pencemaran akan terus terjadi dan meningkat dari tahun ke tahun berikutnya baik itu secara kuantitas maupun secara kualitas.

Dengan demikian, perlu adanya usaha pengendalian limbah. Menurut Kasmidjo (1981), usaha untuk mengendalikan usaha limbah meliputi tiga kemungkinan tahapan, yaitu memodifikasi proses agar usaha produksi tersebut tidak atau sangat mengurangi timbulnya limbah. Jika modifikasi proses memang tidak dapat lagi diterapkan barulah diambil usaha berikutnya, ialah mengambil manfaat atas limbah yang timbul (*reuse*) sebagai bahan mentah baru, bahan bakar, makanan, atau pupuk. Usaha kedua ini dimaksudkan agar limbah masih memiliki nilai ekonomis dan mampu memberi nilai keuntungan tambahan terhadap perusahaan, atau setidaknya agar biaya untuk mengeleminasi bahaya pencemaran oleh limbah dapat didanai dari limbah itu sendiri. Sedangkan yang ketiga merupakan alternatif yang terakhir, pemberian perlakuan dibuang terhadap limbah agar limbah semata-mata dapat dibuang dalam keadaan bebas bahaya pencemaran, tanpa mengambil manfaat daripadanya (kecuali manfaat tidak langsung jangka panjang, berupa kelestarian

lingkungan). Alternatif yang terakhir ini dapat dilakukan bila bahaya pencemaran limbah memang harus diselenggarakan dengan dana tambahan yang memang sudah tidak dapat dihindarkan.

2.4.2 Jenis - Jenis Pengolahan Limbah

Berdasarkan karakteristik limbah, proses pengolahan dapat digolongkan menjadi tiga bagian, yaitu :

1. Proses Fisika

Perlakuan terhadap air limbah dengan cara fisika, yaitu proses pengolahan secara mekanis dengan atau tanpa penambahan kimia. Proses-proses tersebut diantaranya adalah penyaringan, penghancuran, perataan air, penggumpalan, sedimentasi, pengapungan dan filtrasi.

2. Proses Kimia

Proses pengolahan secara kimia menggunakan bahan kimia untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar di dalam limbah. Dengan adanya bahan kimia berarti akan terbentuk unsur baru dalam air limbah, yang mungkin berfungsi sebagai *katalisator*. Kegiatan yang termasuk dalam proses kimia diantaranya adalah pengendapan, klorinasi, oksidasi dan reduksi, netralisasi, *ion exchanger* serta desinfektan.

3. Proses Biologi

Proses pengolahan limbah secara biologis adalah memanfaatkan mikroorganisme (ganggang, bakteri, protozoa) untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa yang sederhana dan dengan demikian mudah mengambilnya. (Kristanto, 2002).

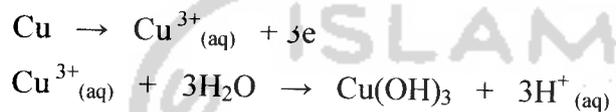
2.5 Elektrokoagulasi

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 kutup 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.

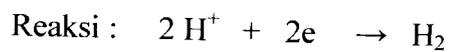
Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi yaitu sebagai akibat adanya arus listrik (DC). Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif bergerak katoda yang bermuatan negatif dan ion-ion ini disebut kation (bermuatan positif) sedangkan ion-ion 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 :

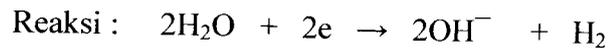
a. Reaksi pada katoda :

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.



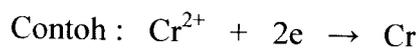
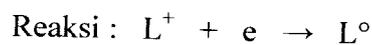
2. Jika larutan mengandung ion-ion logam alkali, alkali tanah, maka ion-ion ini tidak dapat direduksi dari larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen (H_2) pada katoda.



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.

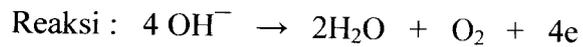


b. Reaksi pada anoda

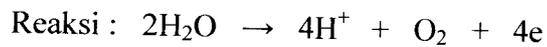
1. anoda terbuat dari logam tembaga akan tereduksi.



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 (Lowenheim, 1978).

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 (Benny Chotib, 1998 dalam Effendi).

2.5.1 Sel Elektrolisis

Suatu zat yang dapat menerima ion – ion atau menyerahkan ion dimana zat tersebut akan tercelup di dalam suatu larutan dinamakan elektrokimia. Sel elektrokimia yang bila diterusi arus listrik menghasilkan reaksi reduksi pada katoda dan anoda (ansory, 1978).

Elektroda dalam proses elektrokoagulasi sangat penting, karena elektroda merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik kedalam larutan agar didalam larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari bahan tembaga dan alumunium. Karena selain mudah didapat di pasaran juga mempunyaaai sifat yaitu tahan terhadap korosi, merupakan penghantar yang baik, merupakan konduktor yang kuat dan dapat mereduksi dan mengoksidasi logam (Danith, 1994).

2.5.2 Tembaga (Cu)

Tembaga dengan nama kimia cuprum dilambangkan dengan nama Cu. Unsur logam ini berbentuk kristal denagn 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, olah 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 kulita yang berwarna hijau yaitu tembaga asam arang (platina).

Menurut Hartono dan Kaneko (1992), tembaga mempunyai sifat yang elektropositif (mulia), tembaga mudah diendapkan oleh logam yang daya hantar listrknya lebih tinggi.

2.5.3 Alumunium

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

Sifat-sifat alumunium menurut Sawyer (1978) adalah:

1. Sifat fisik
 - i. Berwarna keperakan
 - ii. Mempunyai kerapatan 2,7 gr/ml
 - iii. Titik leleh 660° C
 - iv. Titik didih 2.400° C
 - v. Merupakan penghantar listrik yang baik
 - vi. Tahan terhadap korosi.
2. Sifat kimia
 - a. Alumunium merupakan konduktor yang kuat dengan nilai potensial – 1.66 volt.
 - b. Dalam bentuk bubuk, alumunium 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 [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$] digunakan untuk pengolahan
3. Alumunium dibuat katalis. (Sawyer, 1978)

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. (Masduqi 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 (Tjokrokusumo,1998).

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. (Agus Jatnika Efendi,1996).

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 :

- *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.

- *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.

- *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 memyempurnakan

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 dilewatkan 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 garnest.

2.9 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 ekuivalen = $\frac{Ar}{n}$

i = arus dalam ampere

t = waktu dalam satuan detik

F = tetapan Faraday dimana 1 faraday = 96500 coulomb

i x t = arus dalam satuan coulomb

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

$\frac{W}{e}$ = 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 :

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

Dimana :

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

2.10 Aerasi

Aerasi merupakan istilah lain dari transfer gas dengan penyempitan makna, lebih dikhususkan pada transfer gas (khususnya oksigen) dari fase gas ke fase cair. Fungsi utama aerasi dalam pengolahan air dan air limbah adalah melarutkan oksigen kedalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air, dalam campuran tersuspensi lumpur aktif dalam bioreaktor dan melepaskan kandungan gas-gas yang terlarut dalam air, serta membantu pengadukan air. Faktor-faktor yang mempengaruhi perpindahan oksigen adalah suhu, kejenuhan oksigen, karakteristik air, dan derajat turbulensi.

2.11 Hipotesa

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

1. Variasi waktu kontak dan kuat arus berpengaruh terhadap efisiensi penurunan kadar COD 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, UII, Yogyakarta.



Gambar 3.1 Lokasi pengambilan sampel lindi TPA Piyungan

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 COD.

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. 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, 75 menit, dan 100 menit
 - c. Tegangan pada saat peristiwa elektrokoagulasi adalah 10 volt.
2. Koagulan tawas dengan dosis 15000 ppm dan 20000 ppm.
3. Variabel terikat (*dependent Variable*)
Kadar COD dalam limbah air Lindi (Leachate) Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Yogyakarta.

3.5. Tahap pelaksanaan percobaan

3.5.1. Bahan Penelitian

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

3.5.2. Alat yang digunakan dalam penelitian

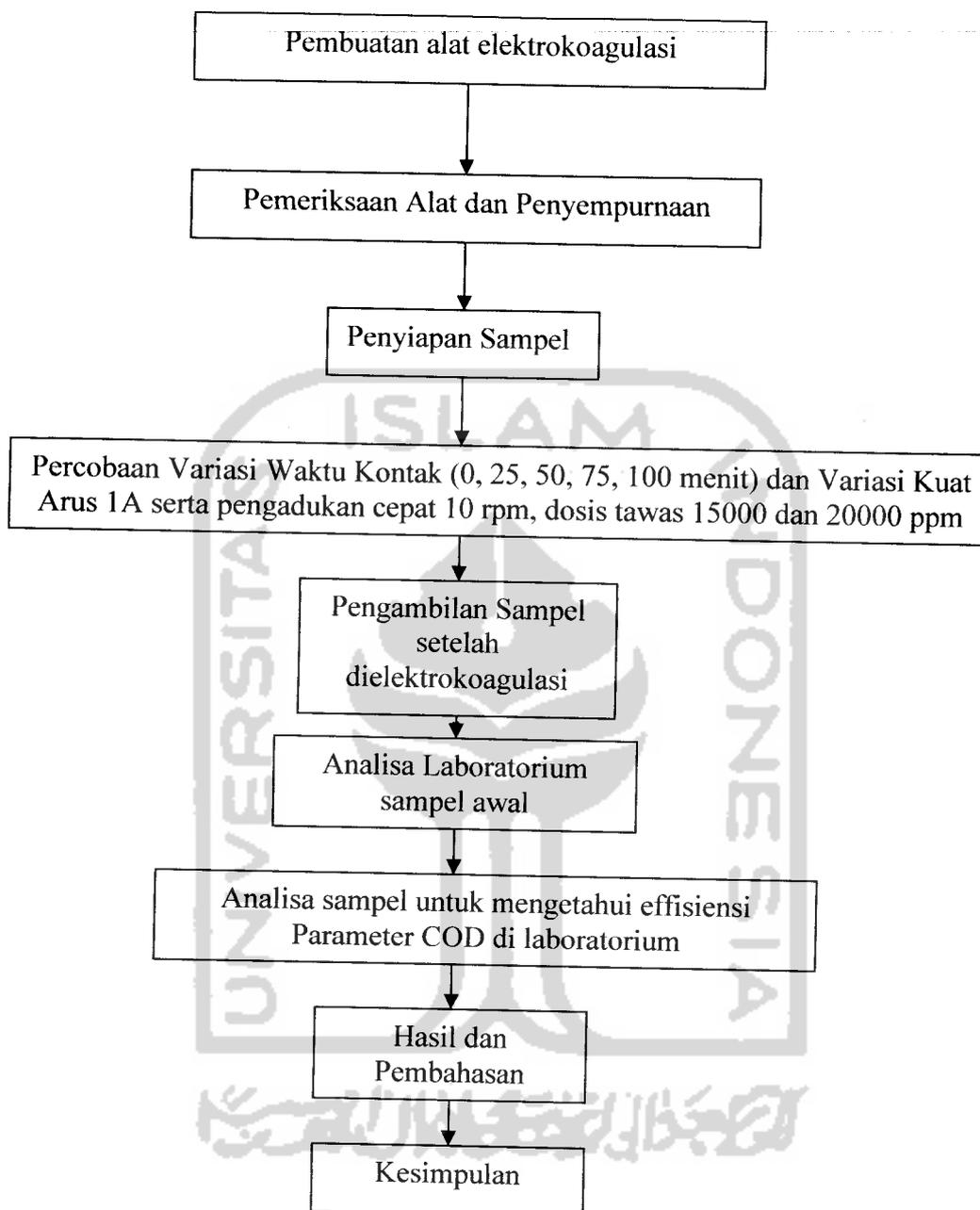
1. Bak penampung air baku elektrokoagulasi
2. Bak elektrokoagulasi
3. Bak *baffle channel flocculator*
4. Bak sedimentasi
5. Bak Filtrasi
6. *Magnetic steerer barr*
7. Termometer

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



3.6. Tahap Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian adalah :



Gambar 3.2 Diagram Tahap Penelitian

3.7. Langkah Penelitian

3.7.1 Tahap Persiapan

1. Pengambilan sampel

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

3.7.2 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

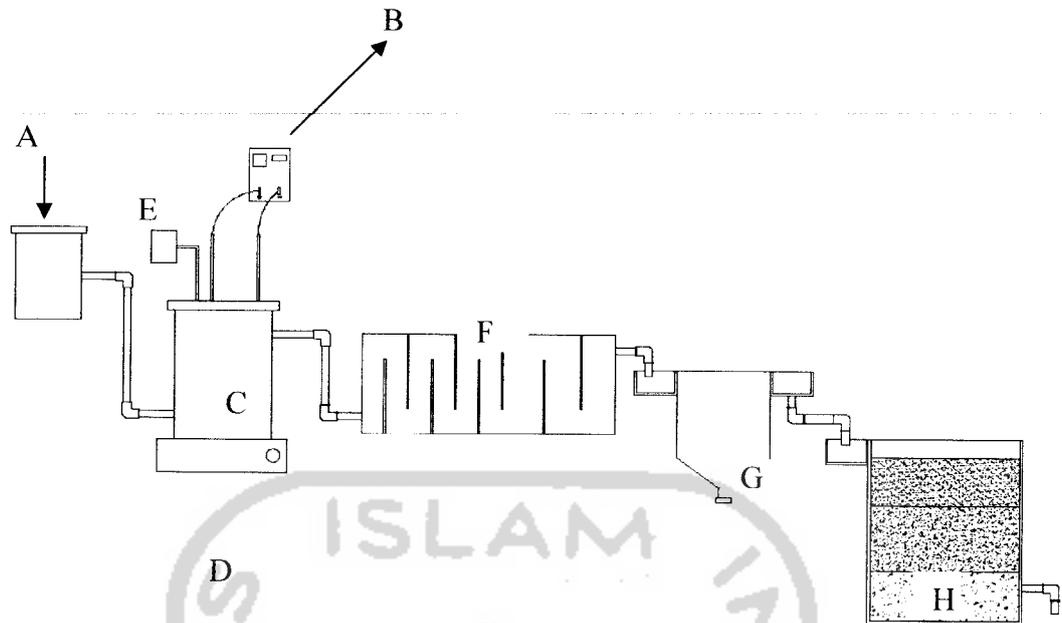
Dimensi bak terdiri dari panjang 40 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Bak ini terbuat dari fiber glass dengan tebal 0,3 cm.

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.



Gambar 3.3 :Rangkaian Desain Alat Elektrokoagulasi

Keterangan :

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

3.7.3 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 plastik sebanyak 250 ml 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 kontaknya dilakukan dengan langkah yang sama seperti 15000 ppm.
14. Air sampel diperiksa kadar COD

3.8 Analisis Laboratorium *chemical oxygen Demand* (COD)

Lindi (Leachate) dari TPA sesudah proses elektrokoagulasi kemudian di analisa di laboratorium dengan menggunakan alat SPECTROFOTOMETRIC Metode Uji yang digunakan yaitu metode Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri SNI 06-6989.2-2004

KOK (*Chemical Oxigen Demand* = COD) adalah jumlah oksigen $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O_2 untuk tiap 1000 mL contoh uji. Senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi



oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr^{3+} . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekivalen oksigen (O_2 mg/L) diukur secara spektrofotometri sinar tampak. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 400 nm dan Cr^{3+} kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 600 nm.

Metode uji kebutuhan kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri merupakan metode yang digunakan untuk pengujian oksigen kimiawi dalam air dan air limbah dengan reduksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ secara spektrofotometri pada kisaran KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L pada panjang gelombang 600 nm dan nilai KOK lebih kecil 100 mg/L pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 420 nm. Pada contoh uji dengan nilai KOK yang lebih tinggi, dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebelum pengujian. (SNI, 2004).

Pengujian sampel COD dengan mengikuti cara kerja yang telah ditentukan yaitu diawali dengan membilas tabung refluks dengan H_2SO_4 20 %. Tabung refluks dimasukkan 2,5 ml sampel. Ditambahkan 1,5 mL $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (konsentrasi tinggi). Selanjutnya ditambahkan 3,5 mL Ag_2SO_4 sehingga terjadi perubahan warna pada limbah kuning/hijau. Selama 2 jam dipanaskan dalam Thermoreaktor suhu 148°C . Kemudian konsentrasi COD diukur secara spektrofotometri. Pengujian dengan refluks tertutup secara spektrofotometri dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan 3.5



Gambar 3.4 Pemanasan
Tabung Refluks Tertutup



Gambar 3.5 Spektrofotometer

kemudian dibandingkan, dari hasil analisis akan dapat diketahui berapa besar penurunan kadar COD, setelah dilakukan pengolahan dengan metode

BAB IV

HASIL PENELITIAN 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 $[\text{CuOH}]_3$ yang berfungsi sebagai kogulan.

Elektrokoagulasi adalah bagian dari elektrokimia yang dapat mengdestabilisasikan pencemar yang mana pencemar tersebut dapat di reduksi (Jaemin Song *et al*, 2000). 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 dan *magnetic steer barr* diletakkan didalamnya sebagai pengaduknya, 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 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.

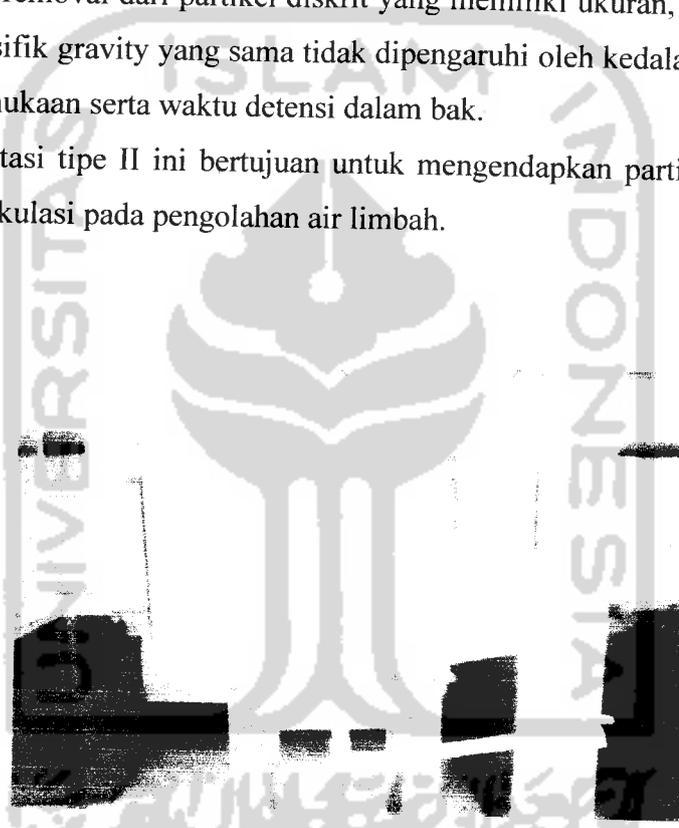
c. Bak Sedimentasi

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 :

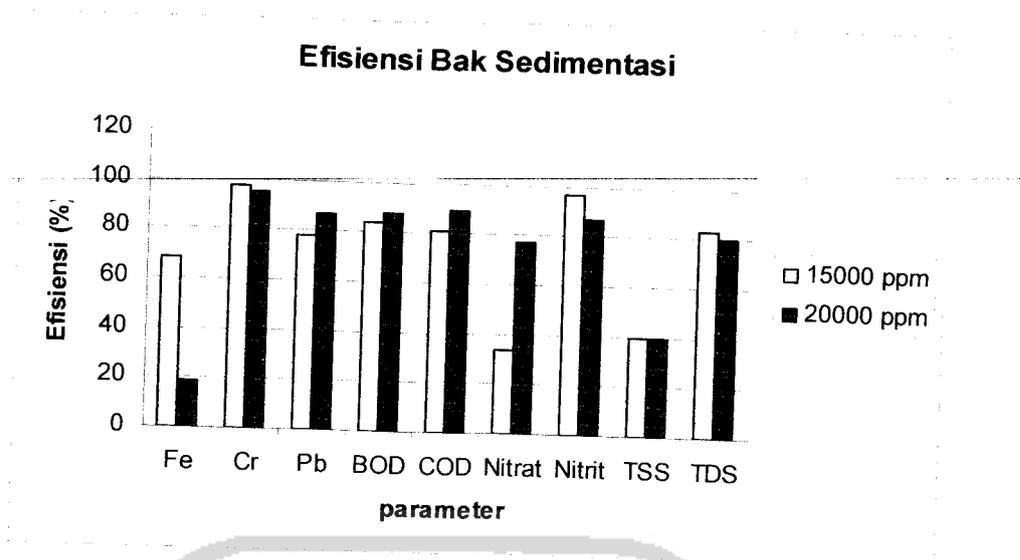
- ❖ Kecepatan yang mengendap partikel adalah jarak yang ditempuh partikel persatuan waktu.
- ❖ Beban permukaan adalah laju pergerakan cairan arah vertikal
- ❖ Efisiensi removal dari partikel diskrit yang memiliki ukuran, bentuk, densitas serta spesifik gravity yang sama tidak dipengaruhi oleh kedalaman,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



Gambar 4.4 Efisiensi bak sedimentasi pada menit 100

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% (Syed R Qasim, *Wastewater Treatment Plant* 2000).

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.

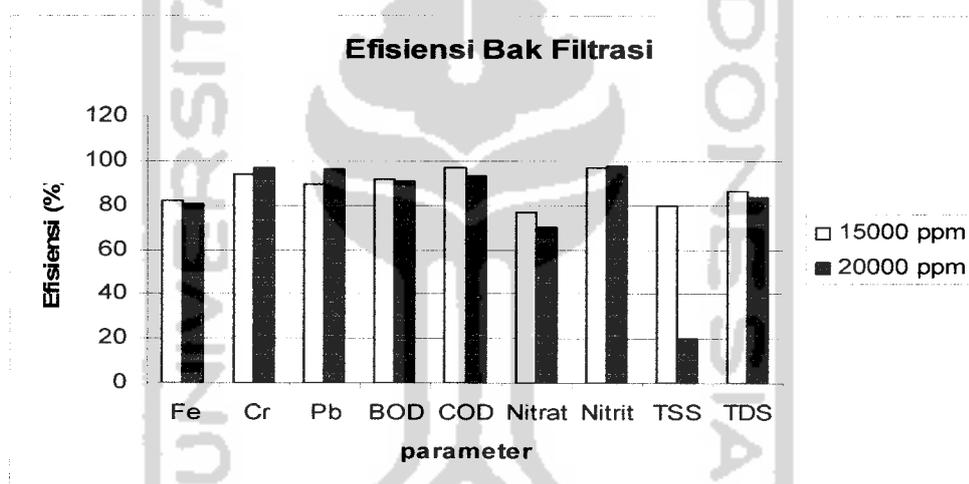
d. Bak Filtrasi

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.

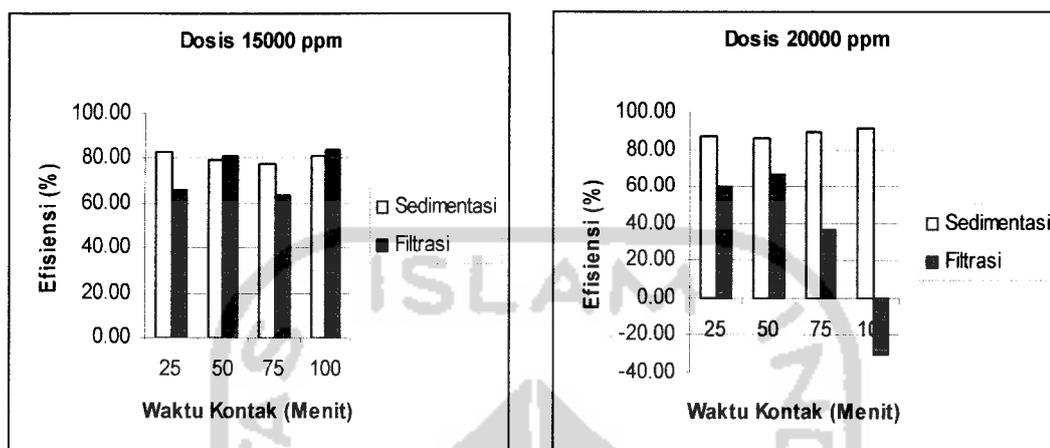


Gambar 4.6 Efisiensi bak filtrasi pada menit 100

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% (Syed R Q. *Wastewater Treatment Plant* 2000).

Efisiensi untuk bak ini sudah sesuai dengan kriteria desain yang mana untuk efisiensi dari TSS dan COD ini sebesar 70 dan 50 %.



Gambar 4.7 Efisiensi COD dalam unit pengolahan pada variasi waktu kontak dan dosis

Berdasarkan gambar 4.7 dan tabel 4 terlampir efisiensi penurunan COD dalam unit pengolahan pada variasi waktu kontak dan dosis adalah sebagai berikut:

Pada unit sedimentasi dosis 15000 ppm efisiensi tertinggi terjadi pada menit 25 yaitu 83,37 % dan pada unit filtrasi efisiensi tertinggi pada menit ke ke 100 yaitu 83,74%. Sedangkan pada dosis 20000 ppm efisiensi tertinggi terjadi pada menit ke 100 yaitu sebesar 91,09 % dan pada unit filtrasi efisiensi terbesar terjadi pada menit ke 50 yaitu sebesar 66,47%. Pada gambar 4.7 dosis 20000 ppm efisiensi pada menit ke 100 jika di lakukan perhitungan dengan menggunakan rumus efisiensi yaitu:

$$\text{Efisiensi 1} = [(C_0 - C_1)/C_0] \times 100 \%$$

$$\text{Efisiensi 2} = [(C_1 - C_2)/C_1] \times 100 \%$$

nilainya mines (-) ini dikarenakan pada sedimentasi dosis 20000 ppm nilai efisiensinya lebih rendah dari pada efisiensi filtrasi dosis 20000 ppm, sehingga nilai konsentarsi yang di dapatkan pada menit tersebut naik. Bervariasinya tingkat penurunan konsentarsi dan efisiensi pada tiap variasi waktu kontak dan dosis tawas

disebabkan karena aliran lindi yang terjadi pada sedimentasi saat penelitian tidak laminer, selain itu pada unit filtrasi bak yang di gunakan untuk proses filtrasi pada semua dosis pada saat penelitian hanya satu buah sehingga sisa lumpur dari filtrasi lindi dosis 15000 ppm masih tertinggal di media filtrasi tersebut dan sisa lumpur tersebut menggagu proses filtrasi dosis 20000 ppm sehingga nilai konsentarsi dan efisiensi pada dosis 20000 ppm lebih rendah. Hal ini juga yang menyebabkan nilai minus (-) pada efisiensi menit ke 100 saat filtrasi dosis 20000 ppm.

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.

4.2 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.

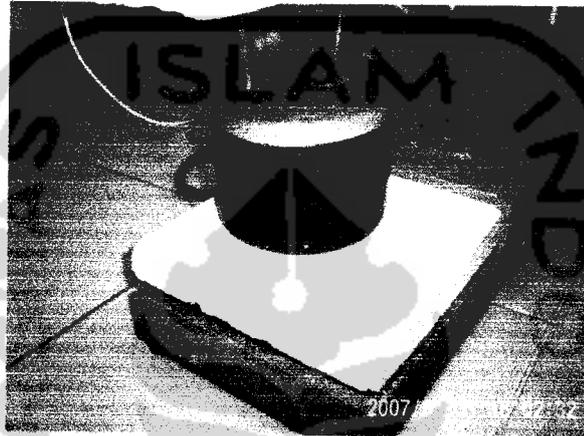
Tabel 4.1 Tabel percobaan *jar test* dengan variasi koagulan

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".

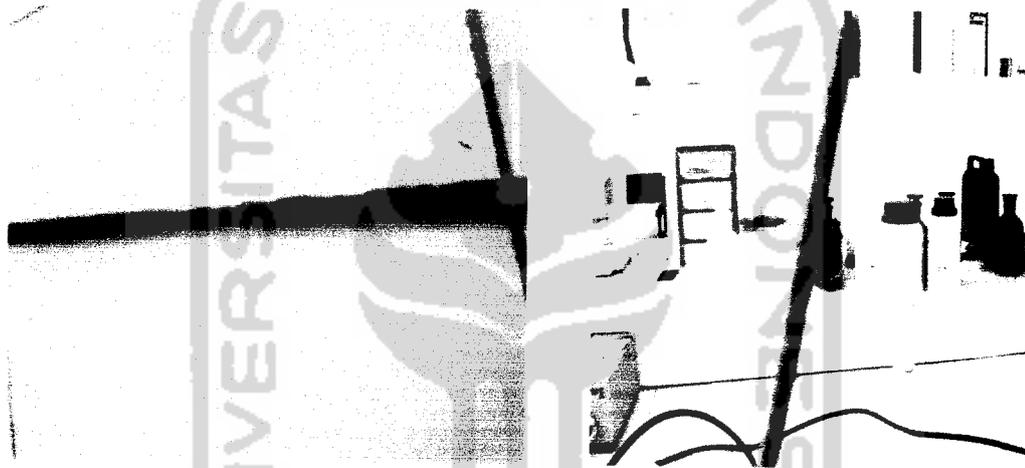
Tabel 4.2 Tabel percobaan elektrokoagulasi dengan variasi dosis tawas

Parameter	Elektrokoagulasi					
	Tanpa (gr/500ml)		Aerator	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.

4.2.1 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

4.2.2 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.

4.3 Parameter Fisik

4.3.1 pH

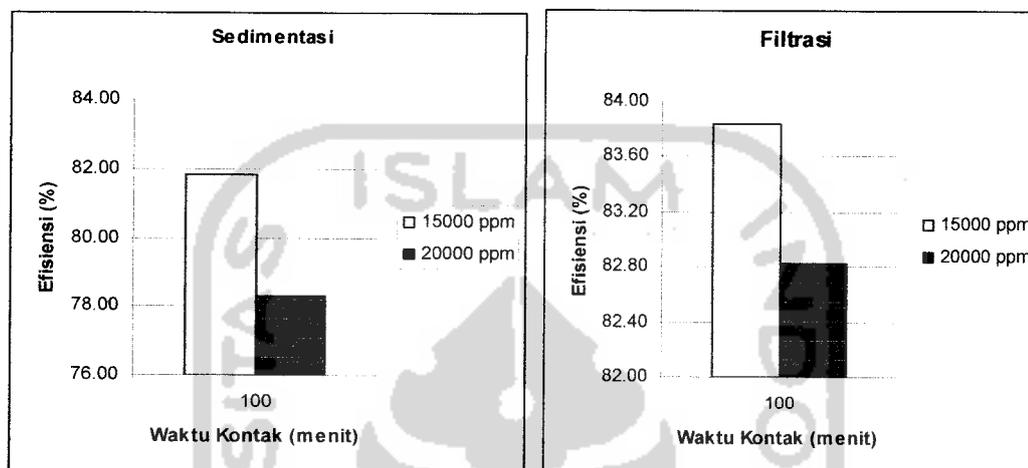
pH mempengaruhi toksisitas senyawa kimia. (Mackereth *al.* 1 989 dalam Effendi 2003) berpendapat bahwa pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Tokisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah (Novotny dan Olem dalam Effendi, 2003).

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 mengoksidasi 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.

4.3.2 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.



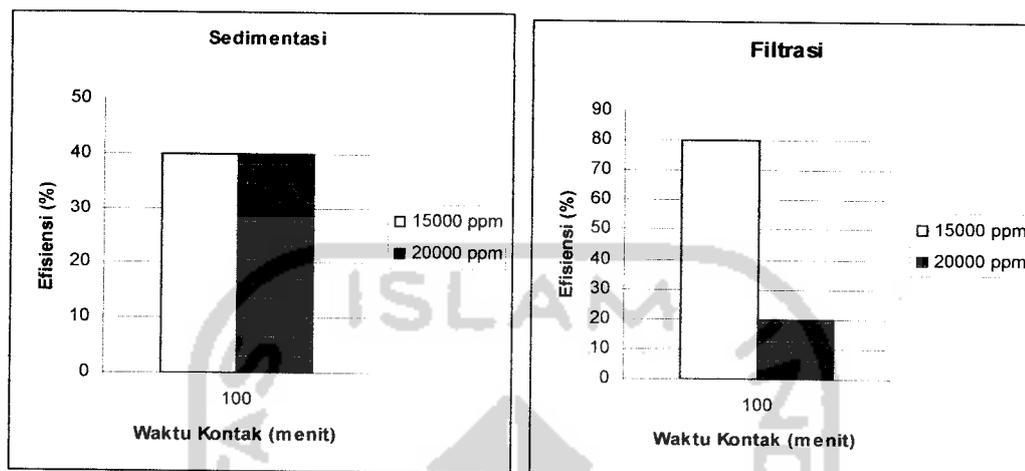
Gambar 4.15 Efisiensi DHL dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Berdasarkan gambar 4.15 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.

4.3.3 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 konsentrasi 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 terakhir sebagai outlet yaitu filtrasi pada unit ini efisiensi penurunan nilai TSS pada dosis 15000 ppm lebih besar dari pada pada dosis 20000 ppm karena pada saat pengambilan sampel pada outlet yaitu filtrasi Reaktor filtrasi yang di gunakan pada penelitian ini hanya satu yaitu pada dosis 15000 ppm dan 20000 ppm reaktor filtrasi yang di gunakan sama sehingga lumpur dan senyawa lain yang tersaring pada filtrasi pada saat pengambilan sampel akan tertinggal di

media filtrasi yang di gunakan sehingga pada saat penyaringan sampel dosis 20000 ppm lumpur dan senyawa organik lainnya yang tersaring pada filtrasi akan mengganggu proses filtrasi yang terjadi sehingga efisiensi penurunan yang terjadi pada dosis 20000 ppm kecil. Sealin itu sebagaimana di jelaskan di atas dosis koagulan mempengaruhi efisiensi penurunan TSS.

4.3.4 TDS

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

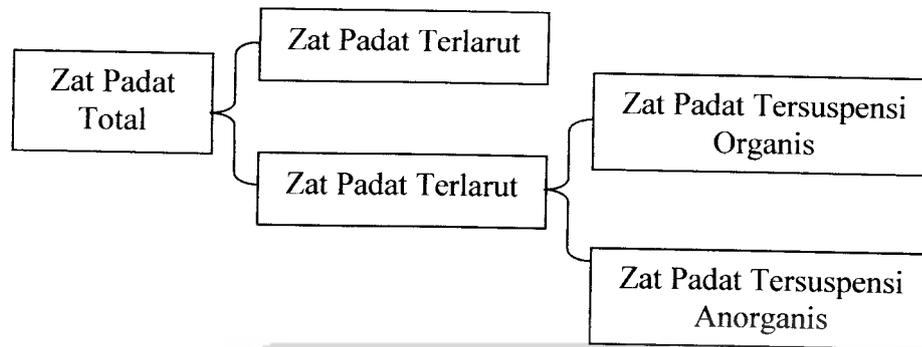
Analisa zat padat dalam air, sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan data dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai patikel 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 inorganis (tanah liat, kwarts) dan organis (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 organis dan inorganis seperti pada skema dibawah ini :

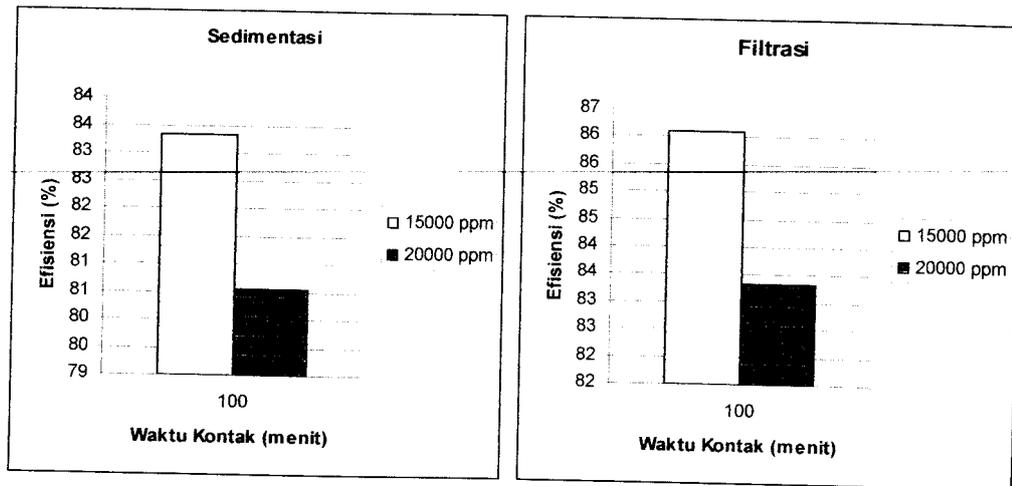


Gambar 4.17 Skema Zat Padat Total

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklasifikasikan sekali lagi menjadi antara lain zat padat terapung yang selalu bersifat organis dan zat padat terendap yang dapat bersifat organis dan inorganis. 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 μm (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

Dari gambar 4.18 efisiensi TDS pada dosis 15000 ppm penurunannya lebih besar dari pada TDS pada dosis 20000 ppm karena pada saat pengambilan sampel pada outlet yaitu filtrasi Reaktor filtrasi yang di gunakan pada penelitian ini hanya satu yaitu pada dosis 15000 ppm dan 20000 ppm reaktor filtrasi yang di gunakan sama sehingga lumpur dan senyawa lain yang tersaring pada filtrasi pada saat pengambilan sampel akan tertinggal di media filtrasi yang di gunakan sehingga pada saat penyaringan sampel dosis 20000 ppm lumpur dan senyawa organik lainnya yang tersaring pada filtrasi akan mengganggu proses filtrasi yang terjadi sehingga efisiensi penurunan yang terjadi pada dosis 20000 ppm kecil.

4.3.5 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 dan juga karena adanya bahan – bahan yang tersuspensi yang termasuk koloid (Tchobanoglous, 1985).

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh (Black dan Christman 1979 dalam Effendi) 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).

4.3.5.1 Penggolongan zat warna

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)

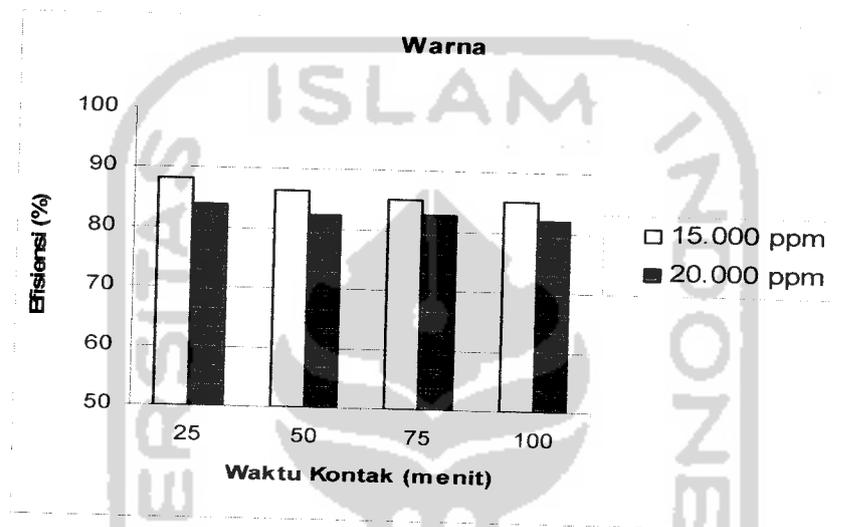
2. Zat Warna Sintesis

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 dalam Effendi). Intensitas warna cenderung meningkat dengan meningkatnya nilai pH (Sawyer dan McCarty, 1978 dalam Effendi).

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 Variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Dari gambar 4.19 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. industri – industri yang mengeluarkan warna adalah kertas dan pulp, tekstil, petrokimia dan kimia.

Warna juga dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis yang mengandung 50 warna. Air yang digunakan masyarakat umum diijinkan dengan kriteria bahwa air tersebut tidak lebih dari 75 unit warna (standar kobal-platinum), sedangkan yang disarankan tidak lebih dari 10 warna. Hal ini penting mengingat zat-zat warna banyak mengandung logam-logam berat yang bersifat toksis. Untuk kepentingan keindahan, warna air sebaiknya tidak melebihi dari 15 PtCo. Sumber air untuk kepentingan air minum sebaiknya memiliki nilai warna antara 5–50 PtCo. Perbedaan warna pada kolom air menunjukkan indikasi bahwa semakin dalam perairan, semakin tinggi nilai warna karena terlarutnya bahan organik yang terakumulasi di dasar perairan.

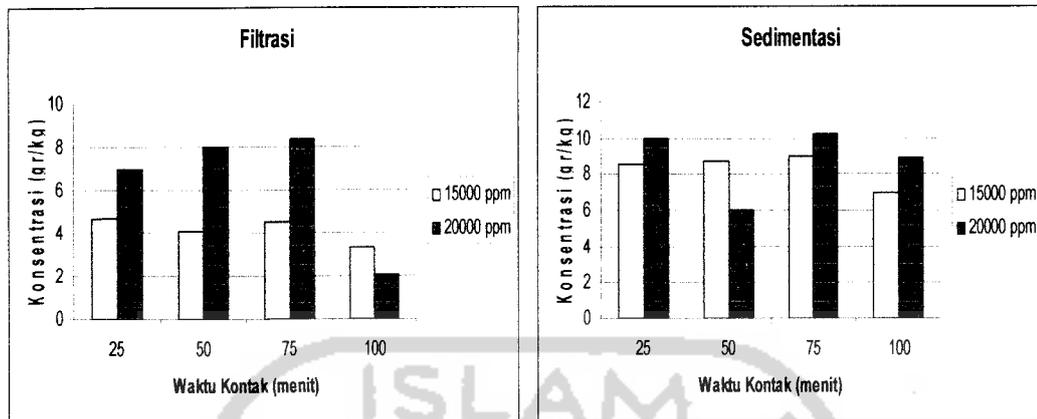
Warna perairan pada umumnya disebabkan oleh partikel koloid bermuatan negatif, sehingga penghilangan warna di perairan dapat dilakukan dengan penambahan koagulan yang bermuatan positif, misalnya aluminium dan besi (Sawyer dan McCarty, 1978 dalam Effendi 2003).

4.3.6 Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat di perairan (Boyd, 1988 dalam Effendi 2003). Salinitas (garam NaCl) menggambarkan padatan total di dalam air, setelah semua karbonat dikonversi menjadi oksida, semua bromida dan iodida diganti oleh klorida, dan semua bahan organik telah dioksidasi.

Berdasarkan hasil pemeriksaan awal air limbah lindi sebelum proses elektrokoagulasi dari parameter salinitas (garam NaCl) hasilnya sangat tinggi sehingga air limbah lindi menjadi kecoklatan dan dapat mencemari lingkungan. Hasil salinitas yang dihasilkan melebihi ambang batas. Proses penurunan dan kenaikan salinitas dengan menggunakan proses elektrokoagulasi, dengan adanya perubahan

waktu kontak dan dosis koagulan maka akan berpengaruh terhadap terjadinya penurunan nilai konsentrasi salinitas dalam limbah cair leachete (lindi) yang terdapat pada tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan.



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 gr/kg. 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 gr/kg. 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.

4.3.7 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.

4.3.8 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 9,667 mg/l karena Volume sampel yang dipakai 25 ml dan selanjutnya dipakai volume sampel 250 ml. hasil DO segera awal pengencer = 8,17 mg/l. Kemudian di dapat hasil pemeriksaan DO segera 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). 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 dari pada kadar oksigen diperairan tawar.

Tabel 4.3 Ringkasan Kualitas Air Untuk Parameter Fisik

No.	Waktu Kontak	Parameter Fisik							
		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	9,667	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

4.4 Konsentrasi COD Pada Lindi TPA Piyungan.

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah banyaknya oksigen yang di butuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik di dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang di oksidasi secara kimia. Diperoleh hasil penelitian terhadap pengujian *Chemical Oxigen Demand* (COD) yang mengacu pada SNI 06-6989.2-2004 metode refluks tertutup secara spektrofotometri. Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengujian awal terhadap kandungan COD pada lindi TPA Piyungan yang berasal dari sampah-sampah Organik dan Non organik dengan menggunakan bahan-bahan yang berbahaya. Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi, dihitung dengan menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media asam. 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 COD yang terkandung dalam Lindi setelah melalui proses elektrokoagulasi.

Pengukuran COD di dasarkan pada kenyataan bahwa hampir semua bahan organik dapat dioksidasi menjadi karbondioksida dan air dengan bantuan oksidator kuat (kalium dikarbonat/ $K_2Cr_2O_7$) dalam suasana asam. Dengan menggunakan dikarbonat sebagai oksidator, diperkirakan sekitar 95% - 100% bahan organik dapat dioksidasi. Kalium dikarbonat dapat mengoksidasi bahan organik secara sempurna apabila berlangsung dalam suasana asam dan suhu tinggi (Effendi, 2003).

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

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Awal Konsentrasi COD

No.	Konsentrasi Awal COD (mg/L)	Kadar Maksimal COD (mg/L)*	Metode
1.	8069.7	100	Refluks Tertutup secara Spectrofotometric

Sumber : Data Primer 2007

* = Peraturan Pemerintah No 82 thn 2001

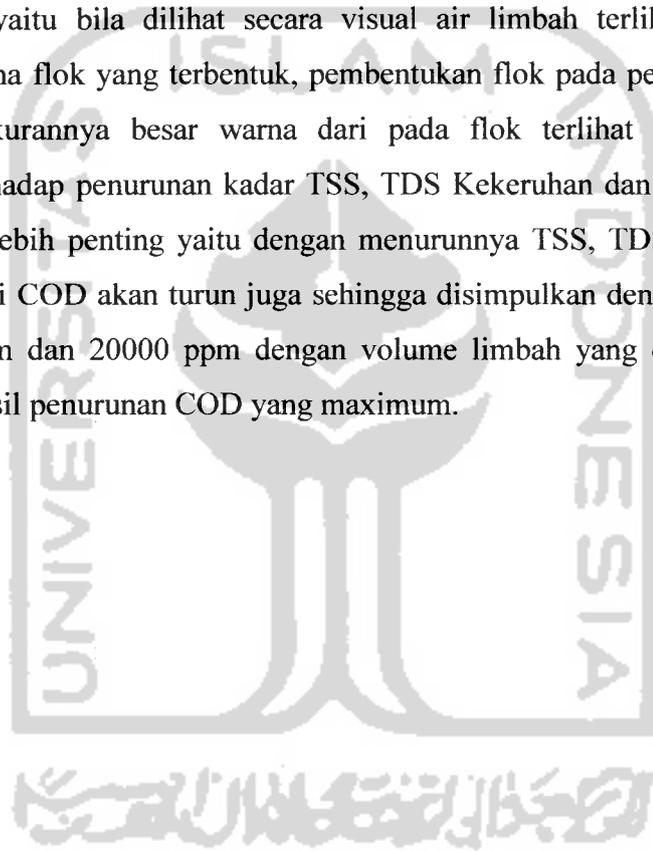
Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air lindi TPA Piyungan untuk parameter COD belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air karena masih jauh di batas ambang sebesar 100 mg/L dari Peraturan Pemerintah No 81 thn 2001 tentang penggolongan air dalam hal ini jika kadar COD 100 mg/L maka di golongkan ke dalam kelas empat yaitu untuk kegiatan pertanian.

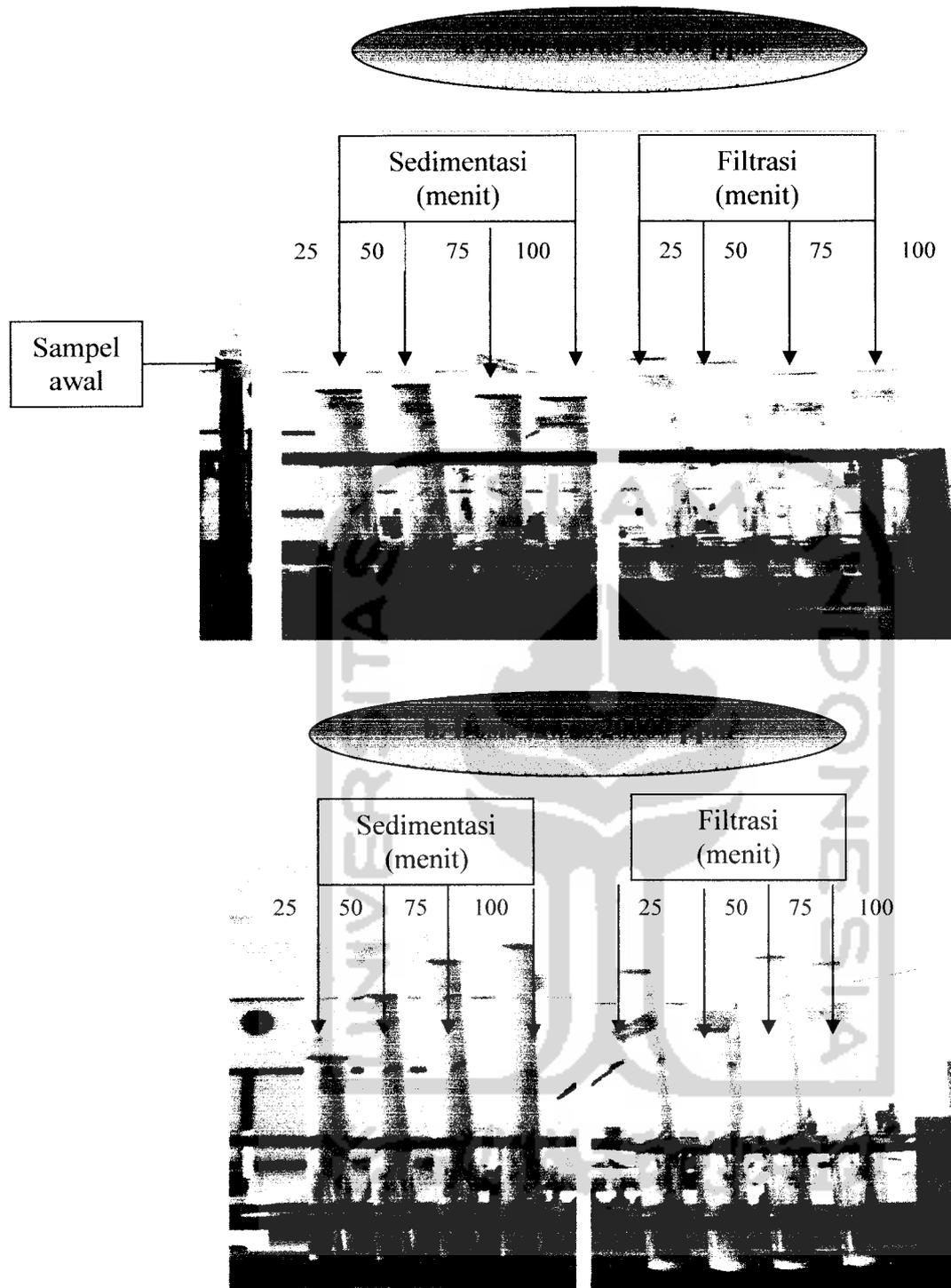
Pada penelitian ini digunakan metode elektrokoagulasi yang mana elektrokoagulasi ini diharapkan mampu menurunkan konsentrasi COD di badan air. Dalam penelitian ini menggunakan tawas dengan konsentrasi yang bervariasi yaitu sebesar 15000 ppm dan 20000 ppm. Penambahan tawas pada penelitian ini dimaksudkan untuk membantu dalam pembentukan flok dimana flok – flok yang terbentuk dapat menurunkan kandungan TSS, TDS, kekeruhan, warna serta COD yang terdapat pada lindi. Penambahan aerator pada alat elektrokoagulasi pada proses pengadukan tawas di dalam lindi bertujuan untuk membantu penambahan suply oksigen dimana oksigen merupakan senyawa utama untuk membantu dalam menurunkan COD (Azimi, A. A. et al., 2005) selain itu aerator juga membantu dalam memacu terjadinya penurunan pH dimana pH mempengaruhi sifat keasaman atau basanya suatu limbah, pH awal lindi sebesar 8 dan lindi dalam keadaan basa namun setelah di uji pH lindi turun menjadi 6-7 sehingga tingkat keasaman limbah pun meningkat karena pengaruh dari perubahan pH setelah pengolahan, jika lindi 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 lindi yang di hasilkan pada unit terahir ini akan terlihat lebih jernih dari sebelumnya sehingga dapat di simpulkan nilai TSS, TDS Kekeruhan Warna dan COD turun.

Penggunaan tawas pada penelitian kali ini sebagai koagulan karena tawas merupakan koagulan yang paling efektif untuk mendapatkan hasil yang maximal dalam pembentukan flok untuk membantu menurunkan parameter COD seperti yang di inginkan. Jenis dan dosis dari pada koagulan yang di gunakan 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 lindi selain itu yang lebih penting yaitu dengan menurunnya TSS, TDS, kekeruhan, dan warna maka nilai COD akan turun juga sehingga disimpulkan dengan menggunakan dosis 15000 ppm dan 20000 ppm dengan volume limbah yang di sesuaikan akan mendapatkan hasil penurunan COD yang maximum.





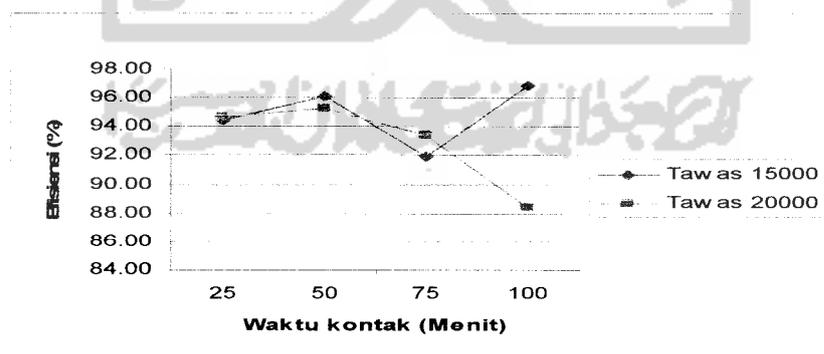
Gambar 4.21 Lindi hasil proses elektrokoagulasi a). dosis tawas 15000 dan b). 20000

ppm

4.4.1 Penggunaan Dosis Koagulan

Penggunaan tawas sebagai koagulan dengan dosis 15000 ppm dan 20000 ppm dengan volume lindi 34 liter dan dilakukan secara kontinyu selama 24 jam pada penelitian bertujuan untuk mendapatkan kerja elektrokoagulasi yang maksimal. Koagulan sangat mempengaruhi proses penurunan COD pada elektrokoagulasi karena apabila koagulan tercampur dengan air lindi dan diaduk dengan pelan pada alat elektrokoagulasi akan membantu dalam mengikat partikel - partikel yang terdapat pada lindi 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 lindi dan mudah terbawa pada saat air lindi dialirkan ke unit selanjutnya, hal ini yang akan mengganggu proses penurunan tingkat COD 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 ini pembentukan flok sangat baik dan berukuran lebih besar sehingga pada saat melewati *Baffle Chanell Flocculator* flok - flok yang terbentuk cepat mengendap dan penurunan terhadap parameter seperti TSS, TDS, warna dan COD pada bak selanjutnya mudah terjadi dikarenakan air lindi yang mengalir dari *Baffle Chanell Flocculator* lebih jernih. Penggunaan dosis berpengaruh terhadap penuruna TSS yang akan terjadi, jika nilai TSS tinggi maka nilai COD akan tinggi karena pada lindi yang memiliki kadar TSS yang tinggi akan sangat sulit sekali di temukannya oksigen karena sinar matahari tidak bisa menembus perairan ataupun lindi yang memiliki kadar kekeruhan yang tinggi sehingga mikroorganismenya yang ada di dalam limbah tersebut tidak bisa melakukan proses fotosintesis dimana pada proses tersebut mikroorganismenya akan menghasilkan oksigen. Jika kadar COD dalam suatu limbah tinggi maka kadar logam berat yang terdapat pada limbah tersebut akan tinggi pula sehingga dalam suatu limbah jika di dapatkan kadar COD tinggi maka limbah tersebut akan sangat bahaya jika langsung dibuang ke lingkungan tanpa ada pengolahan terlebih dahulu karena dapat mencemari lingkungan dan pencemaran yang terjadi melebihi ambang batas

yang telah di tentukan yaitu sesuai dengan peraturan pemerintah No 82 thn 2001 tentang penggolongan air dimana batas maximal COD yaitu 100 mg/l. Penggunaan koagulan dengan dosis yang lebih besar akan menghasilkan flok yang lebih banyak pula karena flok yang terbentuk berasal dari koagulan yang di gunakan, tawas akan berinteraksi dengan partikel – partikel yang ada di lindi dan membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah untuk mengendap. Pengendapan flok bisa dilihat di dalam *Baffle Chanell Flocculator*. Setelah dilakukan pengujian dengan dosis yang berbeda tawas dengan dosis 20000 ppm menghasilkan flok yang lebih banyak akan tetapi efisiensi penurunan COD lebih kecil dibandingkan dengan dosis yang 15000 ppm yaitu sebesar 95,25% pada menit 50, hal ini di sebabkan karena aliran pada reaktor juga mempengaruhi penurun yang terjadi pada parameter, aliran lindi pada saat dosis 15000 ppm lebih laminer dibandingkan dengan aliran pada dosis 20000 ppm sehingga mempengaruhi penurunan parameter yang terjadi pada variasi waktu kontak dan variasi dosis pada saat penelitian. Selain itu kejenuhan terjadi pada reaktor filtrasi karena reaktor filtrasi yang di gunakan pada dosis 15000 ppm sama dengan reaktor pada dosis 20000 ppm, kejenuhan terjadi disebabkan oleh sisa – sisa lumpur dosis 15000 ppm pada saat melewati reaktor filtrasi masih tertinggal pada reaktor sehingga terjadi kejenuhan pada alat. Karena dosis koagulan sangat berpengaruh terhadap penelitian sehingga di simpulkan jika dosis koagulan yang di gunakan semakin besar maka penuruna COD akan lebih efektif selain pembentukan flok yang banyak penurunan kadar kejernihan sangat signifikan.

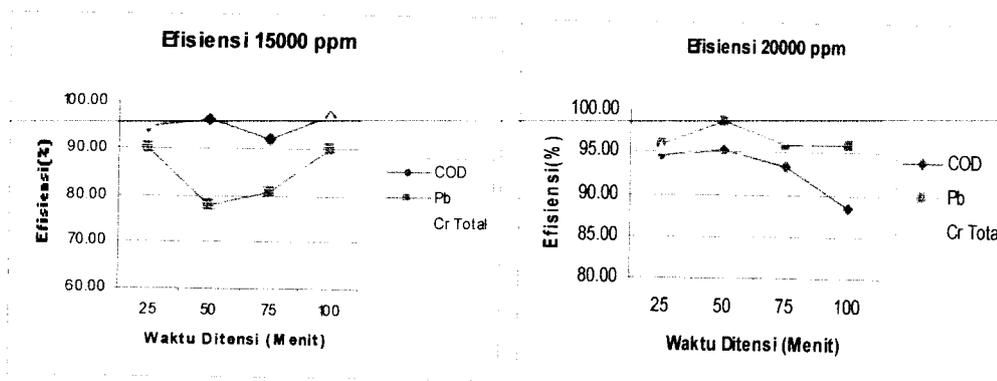


Gambar 4.22: Efisiensi penurunan COD pada Dosis 15000 ppm dan 20000 ppm pada outlet

Berdasarkan gambar 4.21 dan tabel 2 terlampir dapat dilihat efisiensi penurunan COD yang paling signifikan terjadi pada waktu kontak 100 menit sebesar 96,89 % dan konsentrasi sebesar 250,87 mg/l dengan penggunaan tawas sebanyak 15000 ppm pada filtrasi. Sedangkan pada penggunaan tawas 20000 ppm penurunan COD yang paling tinggi terjadi pada menit ke 50 sebesar 95,25 % dengan konsentrasi 383,14 mg/l pada filtrasi. Dari penggunaan kedua dosis tersebut efisiensi penurunan COD paling kecil terjadi pada dosis 20000 ppm menit ke 100 dengan konsentrasi 940,16 mg/l dan persentase efisiensi mencapai 88,35%.

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 lindi dalam reaktor relatif basa. Tidak signifikannya penurunan konsentrasi COD disebabkan juga karena kondisi lindinya dalam keadaan relatif basa, COD dapat mengoksidasi semua zat organik menjadi CO₂ dan H₂O hampir sebesar 85 % pada suasana asam (Effendi 2003). Akan tetapi jika dilihat dari gambar 4.20 di atas hal ini menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi benar-benar mampu menurunkan konsentrasi COD walaupun rata – rata penurunan dari setiap waktu pengadukan dan dosis belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 100 mg/L menurut Peraturan Pemerintah No 82 thn 2001 tentang penggolongan air dalam hal ini menunjukkan jika kadar COD 100 mg/L maka air di golongkan ke dalam kelas empat yaitu untuk kegiatan pertanian.

4.4.2 Pengaruh COD terhadap Logam berat



Gambar 4.23 Efisiensi COD dan Logam Berat pada Dosis 15000 ppm 20000 ppm terhadap variasi waktu kontak dan Dosis.

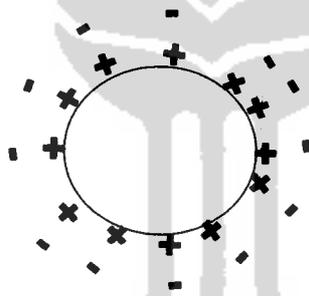
Berdasarkan gambar 4.24 dan tabel 3 terlampir dapat dilihat bahwa grafik penurunan COD dan logam berat terlihat sangat signifikan di mana pada dosis 15000 ppm penurunan terhadap Pb dan Cr total yang paling tinggi terjadi pada menit ke 100 yaitu Pb sebesar 89,82 % dan Cr Total sebesar 97 % sedangkan pada dosis 20000 ppm efisiensi penurunan Pb terjadi pada menit ke 50 sebesar 98,80 % dan dan Cr total pada menit ke 75 sebesar 97 % penurunan ini disebabkan karena proses elektrokoagulasi.

Konsentrasi COD dan logam berat setelah di elektrokoagulasi turun akan tetapi berdasarkan teori double layer penurunan COD pada proses elektrokoagulasi bukan karena terjadinya penurunan pada logam berat melainkan karena proses koagulasi pada elektrokoagulasi itu sendiri. Koagulasi dan flokulasi merupakan suatu metode pengolahan limbah secara kimia. Tujuannya untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar dalam lindi 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 dalam air, kesetabilan suspensi 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 ataupun negatif dalam larutan dapat di adsorpsi oleh partikel – partikel koloid. Ion –ion yang teradsorpsi ini membentuk suatu lapisan ion disekeliling 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 dari pada lapisan primer. Lapisan primer dan sekunder ini akan membentuk lapisan ganda listrik atau disebut *electrical double layer*.

electrical double layer ini stasioner, sedangkan ion –ion dalam larutan diluar 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 tarik menarik dan menjadi satu membantu materi yang lebih besar.



Gambar 4.24 Lapisan ganda listrik partikel koloid

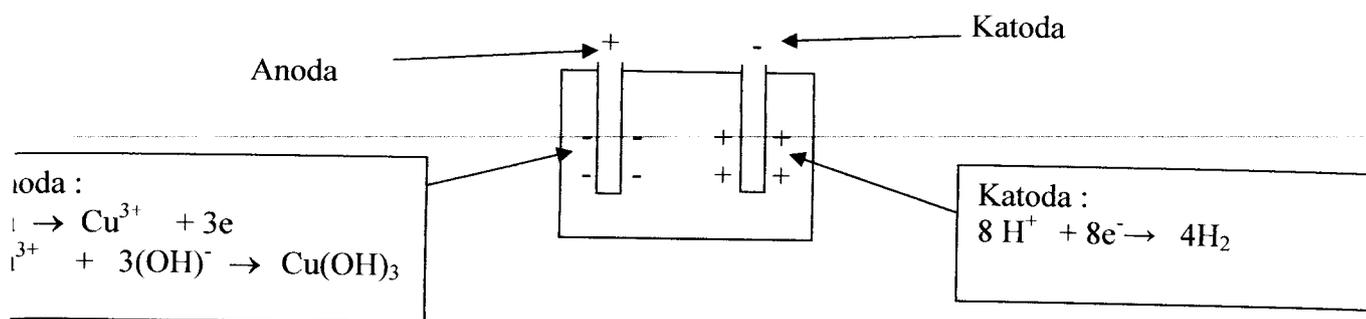
Keterangan:

- + = ion positif sebagai lapisan primer
- = ion negatif sebagai lapisan sekunder

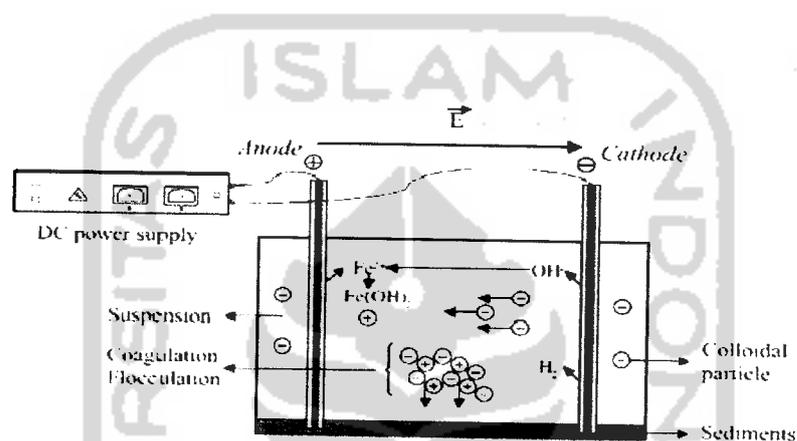
Kesetabilan suspensi koloid tergantung pada kesetimbangan antara gaya tarik menarik kovalen dan tolak menolak elektrostatik antar partikel (Julianto.T.S 1999)

Keberadaan logam berat pada lindi tidak berpengaruh terhadap keberadaan COD begitu juga terhadap nilai logam berat dan COD. Tingginya konsentrasi logam berat pada lindi maka semakin tinggi pula nilai COD karena keberadaan O_2 pada lindi yang di butuhkan oleh COD untuk mendegradasikan bahan organik secara kimia terganggu oleh keberadaan logam berat yang ada di lindi tersebut sehingga nilai COD tinggi. Logam berat yang ada di lindi berasal dari sampah – sampah non organik yang tercampur dengan sampah organik seperti batu batrei, plastik, ban, dan sampah non organik lainnya. Bila dikaitkan antara hasil penelitian COD dan logam berat, dapat dilihat bahwa tawas sangat mempengaruhi reduksi COD, dan penambahan tawas sebagai koagulan dan variasi waktu kontak juga akan semakin meningkatkan reduksi COD dan logam berat. Hal ini disebabkan karena terjadinya proses oksidasi dan reduksi didalam reaktor elektrokoagulasi tersebut. Pada elektroda-elektroda terbentuk gas, gas seperti oksigen dan hidrogen ini akan mempengaruhi pereduksian COD dan logam berat. berdasarkan pada teori double layer penurunan COD di karenakan flok yang terbentuk oleh ion senyawa organik berikatan dengan ion koagulan yang bersifat positif, begitu juga dengan penurunan nilai logam berat yaitu disebabkan karena ion – ion logam berat pada lingkaran ke tiga melakukan gaya tarik menarik dengan ion - ion yang beda jenis yaitu ion koagulan dan kemudian berikatan dan membentuk flok, pembentukan flok antara logam berat dan koagulan itulah yang menyebabkan konsentrasi logam berat yang ada di lindi turun.

Elektrokoagulasi adalah bagian dari elektrokimia yang dapat mengdestabilisasikan agen-agen pencemar yang mana nantinya pencemar ini dapat di reduksi (Moh Faiqun Ni'am et al., 2007). Elektrokoagulasi selain bagian dari elektrokimia juga merupakan bagian dari flokulasi dan koagulai serta penggunaan elektroda untuk mengaliri listrik di dalam larutan yang bersifat elektrolit yang biasa disebut elektrolisis. 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.



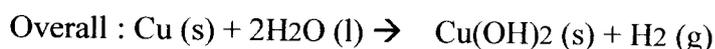
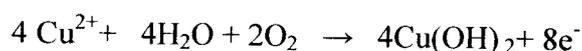
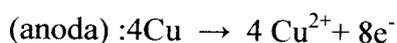
Gambar 4.25 Proses Reduksi Oksidasi pada elektrokoagulasi



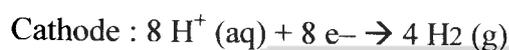
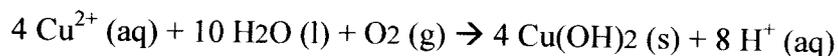
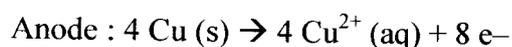
Gambar 4.26: Prinsip Kerja Elektrokoagulasi

Dari gambar 4.25 dan 4.26 diatas di jelaskan bahwa prinsip kerja elektrokoagulasi dalam membantu menurunkan COD yaitu dengan pembentukan reaksi koagulasi dan flokulasi (Moh Faiqun Ni'am et al., 2007). Mekanisme pembentukan terjadi pada batangan anoda dan katoda hal ini dapat ditunjukkan pada reaksi sebagai berikut:

(a) Mechanism 1 :



(b) Mechanism 2 :



Dari hasil reaksi di atas menjelaskan tentang proses reduksi pada batangan Cu sebagai elektroda dan pelepasan ion H^{+} pada saat elektrokoagulasi. Proses inilah yang membantu dalam penurunan COD yang terjadi karena pada saat elektrokoagulasi proses koagulasi dan flokulasi juga terjadi dimana karena proses flokulasi dan koagulasilah parameter COD akan turun. Selain itu diketahui bahwa molekul - molekul yang ada pada lindi akan terbentuk menjadi flok dimana partikel - partikel koloid pada lindi bersifat *adsorbsi* (penyerapan) terhadap partikel atau ion atau senyawa yang lain yang ada pada lindi misalnya koloid Cu(OH)_3 bermuatan positif karena permukaannya menyerap ion H^{+} . Prinsip proses kerja yang terjadi pada elektrokoagulasi secara umum sama seperti teori double layer yaitu pembentukan flokulasi partikel bersifat adsorbsi dimana tawas sebagai koagulan pada elektrokoagulasi bermuatan positif akan menyerap ion - ion negative pada lindi seperti nitrit, fospat, nitrit dan senyawa organik lainnya dan membentuk flok yang membantu proses penurunan COD (R. Ramesh Babu et al., 2007).

Pada teori double layer lingkaran terdalam akan diisi oleh koagulan bermuatan positif dan akan menyerap ion - ion negative yang terletak pada lingkaran lebih luar, karena adanya muatan positif dan negative bertemu maka terjadi gaya tarik menarika antara ion positif dan ion negative sehingga terjadi ikatan yang sangat kuat antar ion -

ion tersebut, sehingga terbentuk koagulan dimana koagulan – koagulan tersebut akan membentuk flok yang akhirnya akan menurunkan senyawa organik yang ada dalam lindi. Ion – ion lain yang terdapat pada lindi seperti logam berat akan teradsorpsi oleh koagulan dan terbentuk flok yang akan membantu menurunkan parameter logam berat akan tetapi untuk logam berat sangat sedikit sekali pengaruhnya terhadap penurunan COD karena logam berat bermuatan negative akan lebih banyak teradsorpsi oleh koagulan dibandingkan dengan senyawa organik sehingga senyawa non organik tidak berpengaruh terhadap penurunan COD.

Menurut (Tjokrokusuno 1998 dalam Julianto T.S) ada 3 mekanisme dalam proses destabilisasi koloid yang dapat menjelaskan proses koagulasi yaitu :

- a. pemamfaatan lapisan difusi (Double layer compression)

kesetabilan partikel koloid disebabkan oleh adanya lapisan bermuatan listrik pada permukaan partikel koloid yang disebabkan oleh ionisasi atom. Hidrasi molekul H₂O pertukaran elemen atau adsorpsi dari air, ion – ion yang melekat kuat pada permukaan koloid akan menarik ion dengan muatan yang berlawanan dari media sekitarnya dan membentuk lapisan ion – ion. Lapisan difusi yang berperan adalah lapisan molekul air yang mengalami hidrasi (pada permukaan koloid) dan lapisan ion terluar yang mengalami difusi disekitar partikel 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 di sebabkan oleh tenaga kohensif atom tersebut.
- b. Netralisasi Muatan adsorpsi
 1. Interaksi koagulan Dengan koloid

Yang berperan disini adalah kemampuan interaksi yang dihasilkan kedua substansi untuk mengatasi efek elektrolisis.

2 Interaksi Koagulan Dengan Peralatan

Proses adsorpsi koagulan pada pertemuan koloid dan pelarut, dengan digunakan zat aktif permukaan maka akan terjadi pergeseran ion dari permukaan koloid akibat akumulasi zat aktif tersebut.

3. Proses adsorpsi koagulan pada pertemuan partikel koloid dan pelarut, dengan digunakan zat aktif permukaan maka akan terjadi pergeseran ion dari permukaan koloid akibat akumulasi zat aktif tersebut.

4. Interaksi Koloid dan Pelarut

Molekul air terikat sangat kuat dengan partikel koloid. Ikatan tersebut harus hilang jika diinginkan terbentuknya ikatan langsung koagulan dengan koloid. Disini diperlukan energi untuk menguraikan molekul air dari permukaan koloid.

c. Pembentukan Jembatan Polimer

Usaha destabilisasi dengan adanya polimer – ionik sebagai pengikat kimia dimana jika suatu rangkaian polimer mengadakan kontak dengan koloid, sebagian akan terserap pada permukaan koloid ruang bebas berada dalam larutan. Ketika partikel lain dengan kondisi yang sama mendekat dan terjadi tarik menarik maka akan terbentuk ikatan yang kompleks antara koloid dengan polimer sebagai jembatan penghubung.

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.

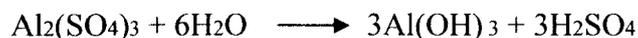
Agar terjadi penggabungan diperlukan destabilisasi yang hanya dapat dicapai dengan penambahan elektrolit yang bermuatan positif., sehingga digarapkan gaya tolak menolak antar partikel dapat diperkecil. Selanjutnya diperlukan suatu gaya yang dapat memperkecil jarak antar partikel yang dengan mengadakan tumbukan antar partikel. Oleh karena itu di dalam proses elektro – koagulasi diperlukan turbulensi yang cukup tinggi untuk meratakan koagulan keseluruhan bagian zat cair dan memungkinkan terbentuknya inti – inti flok didalam aluminium sulfat terjadi reaksi :

1. Reaksi Penguraian (Disosiasi)



Al^{3+} Berperan sebagai elektrolit positif pada distabilisasi koloid sehingga Al^{3+} akan terdifusi 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.

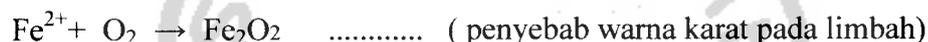
3. Reaksi Polimerisasi ion kompleks



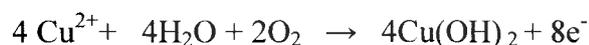
Ion Al^{3+} berperan sebagai elektrolit positif dalam destabilisasi partikel koloid. Berdasarkan uraian di atas merupakan teori proses yang menyebabkan pembentukan flok pada saat proses elektrokoagulasi yang dapat membantu dalam menurunkan senyawa organik dalam lindi. (Julianto.T.S 1999)

Proses elektrokoagulasi benar-benar mampu menurunkan konsentrasi COD karena selain berdasarkan proses yang di uraikan dalam teori double layer pengaruh variasi waktu kontak yang di gunakan pada saat penelitian mempengaruhi kondisi lindi terutama pH lindi, pH awal lindi yaitu dalam keadaan asam setelah di elektrokoagulasi berubah menjadi basa, lindi dalam keadaan basa akan lebih mudah bereaksi dengan elektroda karena ion $-$ ion yang terdapat di lindi akan lebih mudah bereaksi dengan ion yang lain dan elektroda pada elektrokoagulasi akan lebih mudah mereduksi dan mengoksidasi ion $-$ ion yang ada pada lindi. Selain itu pengaruh waktu kontak sangat penting semakin tinggi waktu kontak efisiensi penurunan COD akan semakin signifikan, begitu juga dengan variasi koagulan mempengaruhi karena koagulan membantu dalam pembentukan flok sehingga COD bisa turun pada saat proses elektrokoagulasi. Penambahan aerasi pada elektrokoagulasi membantu

penurunan COD karena pada waktu pengadukan di elektrokoagulasi proses aerasi bertujuan agar O_2 diudara dapat bereaksi dengan kation yang ada didalam lindi dan penggunaan aerasi ini bertujuan agar 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 (Kurt. U, et al., 2006). Dalam proses elektrokoagulasi pada saat aerasi terjadi perubahan warna pada lindi dari warna hitam menjadi coklat berkarat, hal ini menunjukkan bahwa ion yang ada pada lindi tersebut tereduksi oleh Cu sehingga terjadi reaksi dibawah ini:



Reaksi diatas menunjukkan bahwa ion- ion yang ada di lindi akan terikat oleh oksigen menjadi senyawa (FeO_3) dan flok yang sudah terbentuk akan menarik partikel- partikel yang dapat dibuat berkoagulasi atau 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 COD 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 $8e^-$ 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 lindi 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 COD tetapi penurunan yang terjadi disini tidak signifikan karena belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 100 mg/l berdasarkan PP No 82 Thn 2001 golongan empat yaitu golongan air untuk pertanian.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

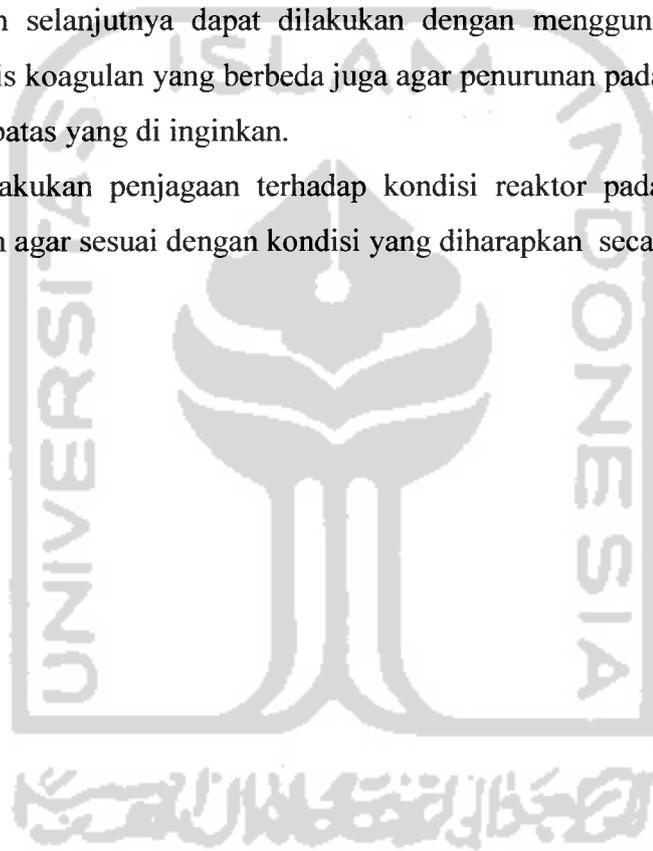
Dengan melihat hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan yang didasarkan pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penurunan konsentrasi COD yang paling efektif yaitu pada waktu kontak 100 menit dengan menggunakan Dosis koagulan 15000 ppm dengan efisiensi 96,89 %.
2. Dari hasil analisa laboratorium diketahui bahwa Elektrokoagulasi dapat menurunkan konsentrasi *Chemica Oxigen Demand* (COD) dengan persentase penurunan mencapai 96,89 % yaitu dari konsentrasi awal sebesar 8069,7 mg/L turun hingga mencapai konsentrasi terendah yaitu 250,87 pada penggunaan dosis tawas sebesar 15000 ppm
3. Pada penelitian ini tawas digunakan sebagai koagulan dan koagulan sangat berperan penting dalam penurunan COD pada proses elektrokoagulasi selain itu pengukuran parameter fisik seperti nilai pH, suhu serta TSS dan TDS sangat mempengaruhi efisiensi penurunan COD, dan parameter fisik tersebut dapat diturunkan pada proses elektrokoagulasi dengan penambahan koagulan.
4. Penurunan konsentrasi COD terjadi karena adanya penguraian terhadap ion – ion dan senyawa organik yang ada di dalam lindi oleh reaksi reduksi dan oksidasi terutama pada saat proses elektrokoagulasi.
5. selain pengaruh waktu kontak dan dosis koagulan. penambahan aerator menjadi lebih efektif dalam menurunkan COD karena penambahan aerator dapat menyupllay oksigen dalam pendegradasian zat kimia dalam lindi.

5.1 Saran

Saran yang dapat diberikan guna kesempurnaan penelitian tentang Elektrokoagulasi ini antara lain :

1. Untuk penelitian selanjutnya, dapat melakukan percobaan dengan menggunakan limbah dan parameter yang berbeda.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap Elektrokoagulasi terhadap senyawa organik.
3. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan dosis koagulan yang lebih efektif dari pada koagulan sebelumnya.
4. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan variasi kuat arus, dosis koagulan yang berbeda juga agar penurunan pada parameter sesuai ambang batas yang di inginkan.
5. Perlu dilakukan penjagaan terhadap kondisi reaktor pada saat melakukan penelitian agar sesuai dengan kondisi yang diharapkan secara kontiyu.

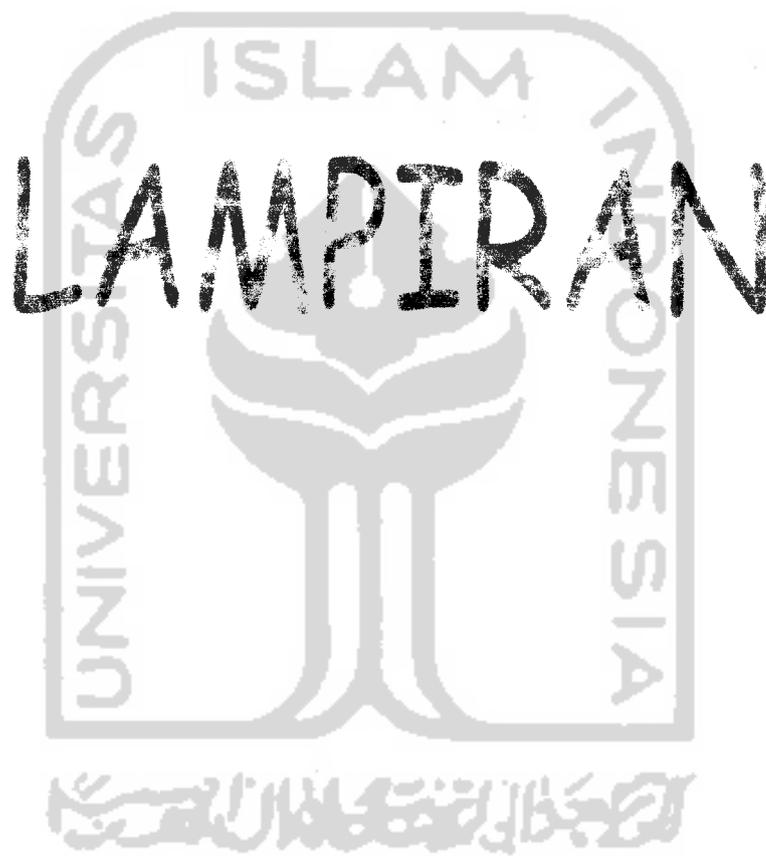


DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1994, Proses kimia pembentukan minyak lemak, Yogyakarta.
- 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.
- Anonimus, 1990, " Peraturan Pemerintah No 82 thn 2001 tentang penggolongan air" Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Alaerts, dan S.S Santika, 1984 Metode penelitian air, Usaha Nasional Surabaya, Indonesia.
- Azimi, A. A., Hashemi, S. H., Bidhendi, G. N., Rohollah Mahmoodkhani 2005 Pakistan Journal of Biological Sciences Faculty of Environment, University of Tehran Iran. Vol. 8 No. 1 hal 20 – 24.
- Djajadiningrat, A.H, 1992, Pengendalian pencemaran Limbah Industri, Jurusan TL, FTSP, ITB.
- Droste, Ronald L, 1997, *Theory and practice of water and wastewater treatment*, John Wiley & Sons, Inc, United State of Amerika.
- Effendi, H. 2003, Telaah Kualitas Air, Penerbit kanisius, yogyakarta.
- Emtes, R and Tchobanoglous, 1998 " Small and Decentralized Wastewater Management System, Mr.Graw Hill International Edition.
- Fardiaz, S. 1992, Polusi Air Dan Udara, PAU Pangan Dan Gizi, I Bogor.
- Fardiaz, S, 1992, Polusi Air dan Udara, Kanisius, Yogyakarta.
- Gordon M. Fair, Jhon C. Geyer, dan Danil A. Okum, 1968 "Weste and Wastewater Engenerring", Volume 2 Jhon willey and Sons Inc. New York.
- Ginting, P, 1995, Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri, Penerbit: Pustaka Siar Harapan, Jakarta.

- 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
- Liptak. B. G, 1974 Water Pollution Enviromental Engineering Technology, Volume 1-5 .
- 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
- Metcalf & Eddy, 1991, Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse, “3rd edition, MCGraw- Hill, New York, America.
- Metcalf & Eddy, 2003, Wastewater Engineering Treatment and Reuse MCGraw-Hill, New York, America.
- 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
- Mahida U.N, 1984, *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah industri”* ,Rajawali, Jakarta
- Moh Faiqun Ni’am. Fadil Othaman. Johan Sohaili. Zulfa Fauzia, 2007. “ The Malaysian Journal Of Analytical Sciences, Volume 11, No 1 hal 198-205.
- 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. Edward M. M. 2000 “ Water work Design Engineering: Planning Design and Operation Prantice hall: New Jersey.
- Reynold, 1982, *Unit Operation and Design*, McGraw-Hill, New York, Amerika.
- 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.
- Sugiharto, 1987, *Dasar-dasar pengolahan air limbah* cetakan pertama, UI Press, Jakarta
- Slamet, J, S, 2004 *Kesehatan Lingkungan*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tchobanoglous, G. And E.D Schroeder (1985) *Waer Quality: Characteristics, Modeling , Modification*, Addition-Wesly Reading, M.A.
- Tinsley dan Fransini, 1991 “ Chemical concep in pollutant behavior, oregon state university, Carvallis
- Tjokrokusuno, 1998, *Pengantar Teknik Lingkungan*, STTL, Yogyakarta.
- Tjou Koli Nem, 1988, *Chemistry for Environmental Engineering*, Mc.Graw Hill Book Company, New york USA.
- Wardhana, 1995, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.



TABEL 1 KONSENTRASI COD

1. Dosis Tawas 15000 ppm

Tabel Hubungan COD dan waktu Kontak pada Dosis 15000 ppm

Waktu Kontak (Menit)	Sampel	
	Sedimentasi (mg/L)	Filtrasi (mg/L)
0 (sampel awal)	8069,70	
25	1342,04	451,81
50	1680,32	317,00
75	1782,06	652,75
100	1542,97	250,87

2. Dosis Tawas 20000 ppm

Tabel Hubungan COD dan waktu Kontak pada Dosis 20000 ppm

Waktu Kontak (menit)	Sampel	
	Sedimentasi (mg/L)	Filtrasi (mg/L)
0 (sampel awal)	8069,70	
25	1072,43	431,46
50	1141,1	383,14
75	840,97	533,2
100	718,86	940,16

Sumber : Data Primer 2007

TABEL 2 EFISIENSI COD KESELURUHAN

1. Dosis Tawas 15000

Efisiensi penurunan COD dengan waktu kontak pada Dosis 15000 ppm

Waktu Kontak (menit)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi (%)
25	8069.70	451.81	94.4
50	8069.70	317.00	96.1
75	8069.70	652.75	91.9
100	8069.70	250.87	96.9

2. Dosis Tawas 20000 ppm

Efisiensi penurunan COD dengan waktu kontak pada Dosis 20000 ppm

Waktu Kontak (menit)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi (%)
25	8069.70	431.46	94.7
50	8069.70	383.14	95.3
75	8069.70	533.20	93.4
100	8069.70	940.16	88.3

Sumber : Data Primer 2007

Keterangan :

$$\text{Efisiensi } C_1 = [(C_0 - C_1)/C_0] \times 100 \%$$

$$\text{Efisiensi } C_2 = [(C_0 - C_2)/C_0] \times 100 \%$$

TABEL 3 EFISIENSI LOGAM BERAT**Efisiensi Logam Berat terhadap variasi waktu kontak dan Dosis.****a. Dosis Tawas 15000****1. Pb**

Waktu Kontak (Menit)	Sampel		
	konsentrasi		Efisiensi (%)
	Inlet (mg/L)	Filtrasi (mg/L)	Filtrasi
25	1.4034	0.1429	89.82
50	1.4034	0.3109	77.84
75	1.4034	0.2689	80.84
100	1.4034	0.1429	89.82

2. Cr Total

Waktu kontak (Menit)	Konsentrasi (ppm)	Cr 6+	Cr 3+	Efisiensi %
25	0.06	0	0.06	96
50	0.01	0	0.01	99
75	0.06	0	0.06	96
100	0.04	0	0.04	97

Sumber : Data Primer 2007

b. Dosis 20000 ppm

1. Pb

Waktu Kontak (Menit)	Sampel		
	konsentrasi		Efisiensi (%)
	Inlet (mg/L)	Filtrasi (mg/L)	Filtrasi
25	1.4034	0.0588	95.81
50	1.4034	0.0168	98.80
75	1.4034	0.0588	95.81
100	1.4034	0.0588	95.81

2. Cr Total

Waktu kontak (Menit)	Konsentrasi (ppm)	Cr 6+	Cr 3+	Efisiensi %
25	0.06	0	0.06	96
50	0.08	0	0.08	94
75	0.04	0	0.04	97
100	0.08	0	0.08	94

Sumber : Data Primer 2007

TABEL 4 EFISIENSI COD PERUNIT**Efisiensi COD terhadap variasi waktu kontak dan Dosis Perunit****1. Dosis Tawas 15000 ppm**

Waktu Kontak (menit)	Inlet (C ₀) (mg/L)	Konsentrasi		Efisiensi %	
		Sedimentasi (C ₁) (mg/L)	Filtrasi (C ₂) (mg/L)	Sedimentasi (C ₁) (%)	Filtrasi (C ₂) (%)
25	8069.70	1342.0	451.8	83.37	66.33
50	8069.70	1680.3	317.0	79.18	81.13
75	8069.70	1782.1	652.7	77.92	63.37
100	8069.70	1543.0	250.9	80.88	83.74

2. Dosis Tawas 20000 ppm

Waktu Kontak (menit)	Inlet (C ₀) (mg/L)	Konsentrasi		Efisiensi %	
		Sedimentasi (C ₁) (mg/L)	Filtrasi (C ₂) (mg/L)	Sedimentasi (C ₁) (%)	Filtrasi (C ₂) (%)
25	8069.70	1072.4	431.5	86.71	59.77
50	8069.70	1141.1	383.1	85.86	66.42
75	8069.70	841.0	533.2	89.58	36.60
100	8069.70	718.9	940.2	91.09	-30.78

Sumber : Data Primer 2007

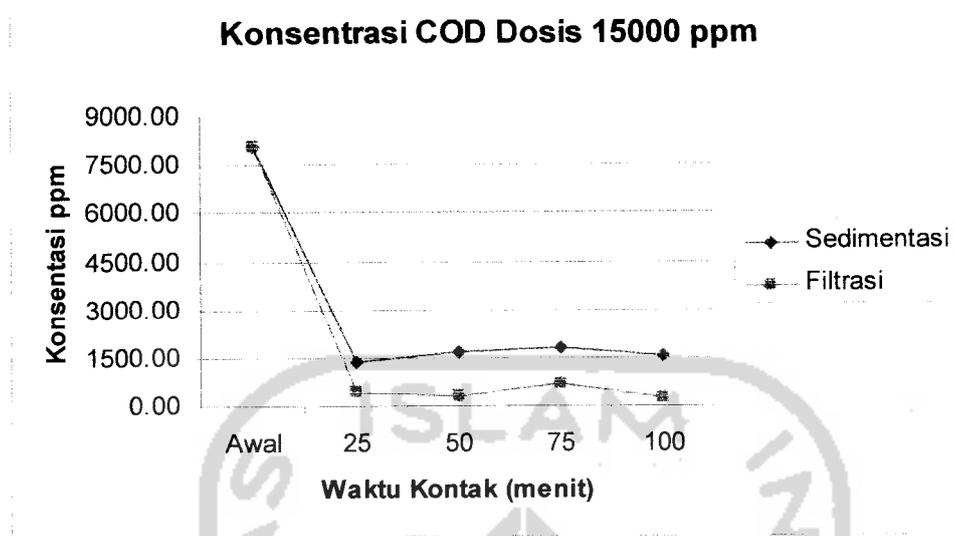
Keterangan :

$$\text{Efisiensi } C_1 = [(C_0 - C_1)/C_0] \times 100 \%$$

$$\text{Efisiensi } C_2 = [(C_1 - C_2)/C_0] \times 100 \%$$

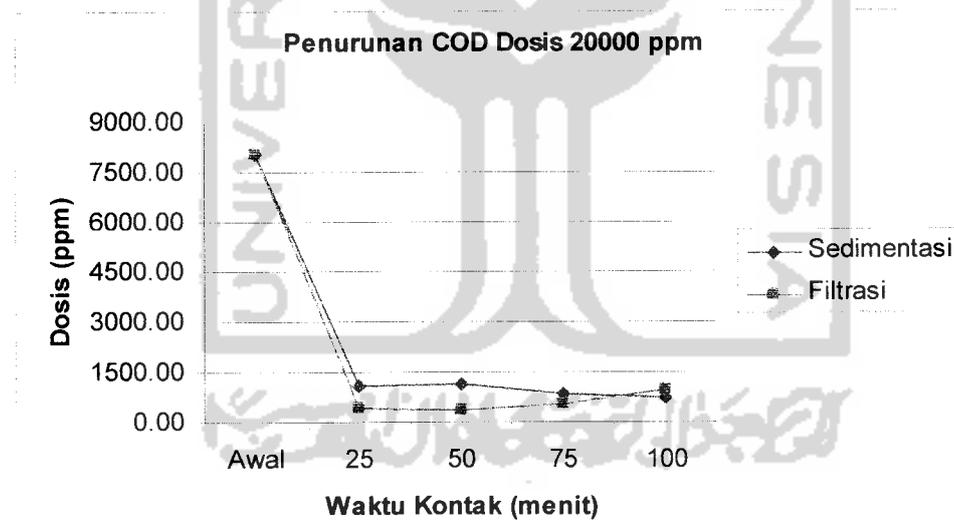
GRAFIK 1 KONSENTRASI COD

1. Dosis Tawas 15000 ppm



Grafik hubungan antara waktu Kontak dengan Dosis tawas 15000 ppm

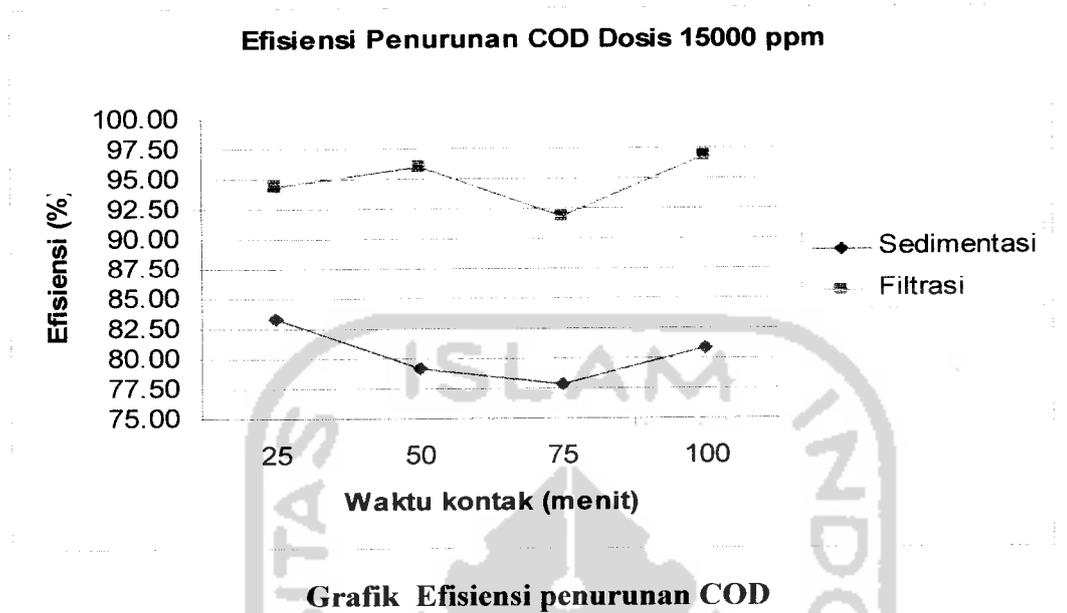
2. Dosis Tawas 20000 ppm



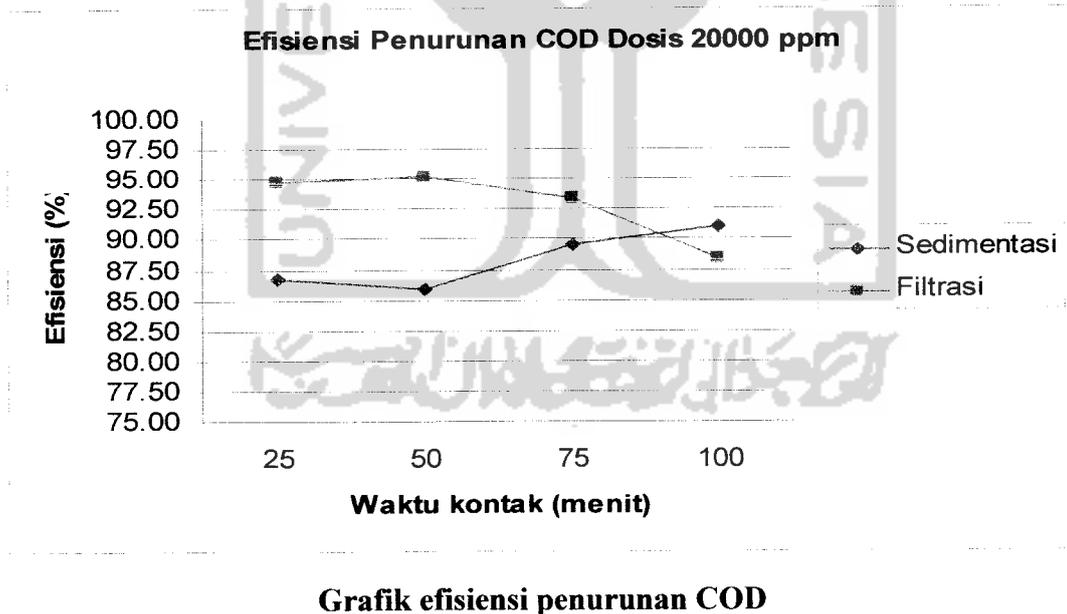
Grafik hubungan antara waktu Kontak dengan Dosis tawas 20000 ppm

GRAFIK 2 EFISIENSI KESELURUHAN COD PER DOSIS

1. Dosis Tawas 15000 ppm



2. Dosis Tawas 20000 ppm



No: 04 / 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 : Chemical Oxygen Demand (COD)
 Kode Lab. : 03 LKL FTSP
 Analis : Tutik Alawiyah

Tawas 15.000 PPM :

No	Unit pengolahan	Satuan	Hasil pengujian COD					Metode Uji
			0	25 mnt	50 mnt	75 mnt	100 mnt	
1	Sedimentasi	mg/L	8069.7	1342	1680.3	1782	1542.9	SNI 06 - 6989 - 2 - 2004
2	Filtrasi	mg/L	8069.7	451.8	317	652.8	250.9	SNI 06 - 6989 - 2 - 2004

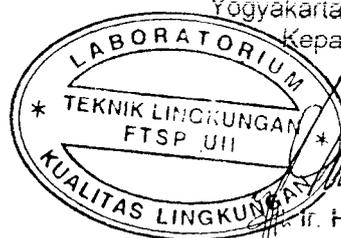
Tawas 20.000 PPM :

No	Unit pengolahan	Satuan	Hasil pengujian COD					Metode Uji
			0	25 mnt	50 mnt	75 mnt	100 mnt	
1	Sedimentasi	mg/L	8069.7	1072.4	1141.1	841	718.9	SNI 06 - 6989 - 2 - 2004
2	Filtrasi	mg/L	8069.7	431.5	383.1	533.2	940.2	SNI 06 - 6989 - 2 - 2004

- Datatan : 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



Ir. H. Kasam, MT

REPUBLIC OF INDONESIA

PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 82 TAHUN 2001
TANGGAL 14 DESEMBER 2001

TENTANG

PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

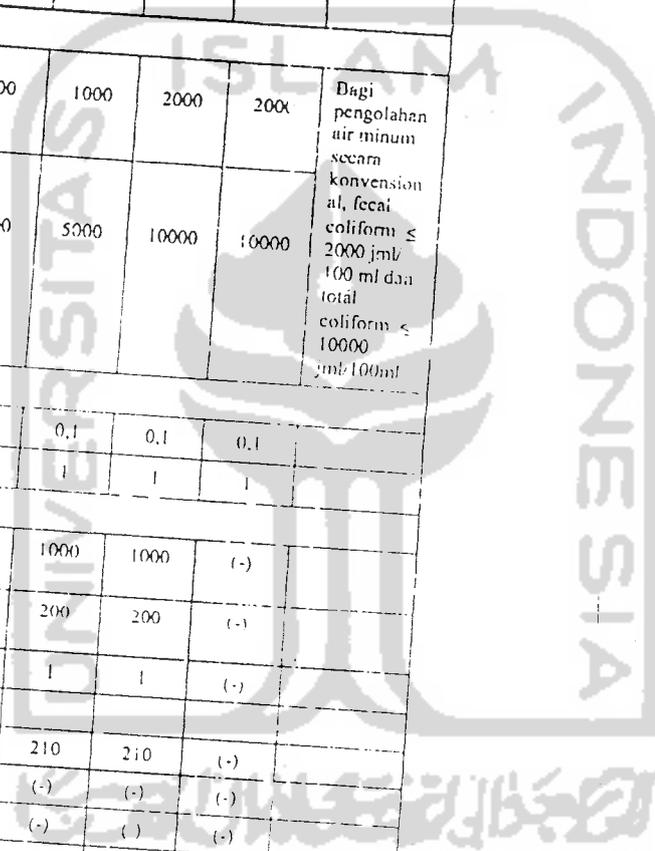
PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETEGORIAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi Temperatur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L

KIMIA ANORGANIK

		6-9	6-9	6-9	3-9	
						Apabila secara alamiah di luar lingkungan tersebut maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
CO ₂	mg/L	2	3	6	12	
NO ₂	mg/L	10	25	50	100	
X ₂	mg/l.	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
(C) 3 sebagai N	mg/l.	10	10	20	20	

NH ₃ -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang teka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH ₃
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 al. Cu ≤ 1 mg/L
Besi	mg/l	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional al. Fe ≤ 5 mg/L
Zinc	mg/L	0,05	0,03	0,05	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional al. Pb $\leq 0,1$ mg/L
Mangan	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Air 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 al. 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 jml/100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/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	ug/L	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)	
Senyawa Fenol	ug/L	1	1	1	(-)	
Sebagai Fenol	ug/L					
BHC	ug/L	210	210	210	(-)	
Aldrin/Dieldrin	ug/L	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)	
DDE	ug/L	2	2	2	2	
Heptachlor dan Hentachlor epoxide	ug/L	18	(-)	(-)	(-)	
Lindane	ug/L	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxytor	ug/L	25	(-)	(-)	(-)	
Endrin	ug/L	1	4	4	(-)	
Toxaphen	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

