

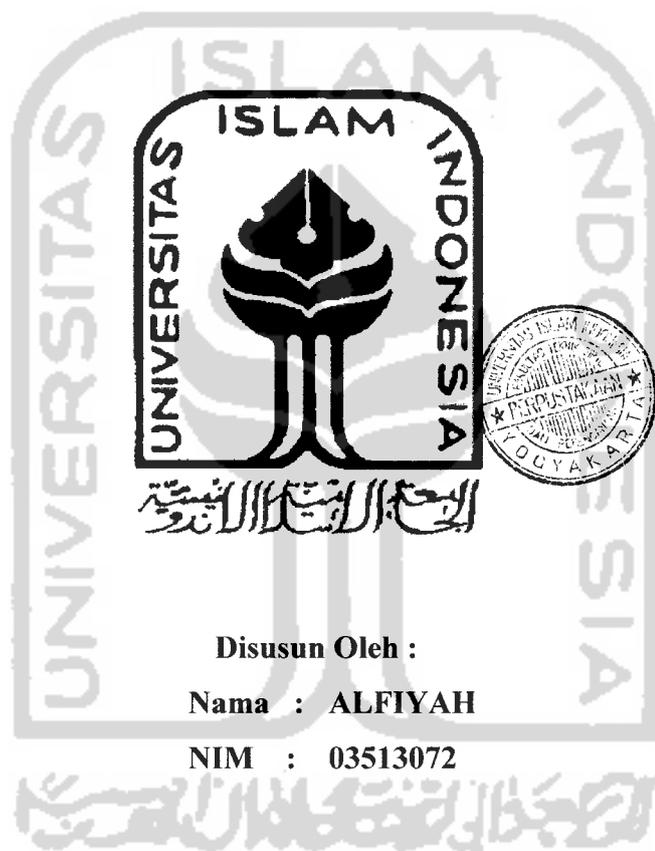
TA/TL/2007/0220

TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAN/BELI	
TGL TERIMA :	12 - 12 - 2007
NO. JUDEL :	2784
NO. INV. :	5120002784001
NO. INDIK :	002784

**PENURUNAN KONSENTRASI BESI (Fe) PADA LINDI TPA PIYUNGAN
DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Sebagian
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Lingkungan**



Disusun Oleh :

Nama : ALFIYAH

NIM : 03513072

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

2007

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI Fe (BESI) PADA LINDI TPA PIYUNGAN DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Lingkungan



Disusun Oleh :

ALFIYAH

03513072

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

YOGYAKARTA

2007

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI BESI (Fe) PADA LINDI TPA PIYUNGAN DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

Nama : ALFIYAH

NIM : 03 513 072

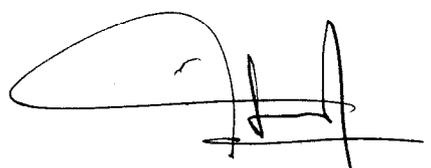
Program Studi Teknik Lingkungan

Telah diperiksa & disetujui oleh:

LUQMAN HAKIM, ST, Msi
Pembimbing I

Tanggal: 
27/9/07

TATANG S. JULIANTO, Ssi, Msi
Pembimbing II

Tanggal: 26. Sept 2007


MOTTO

"Hanya dengan Do'a dan Usaha semuanya dapat Dicapai."

"Tak Ada yang mudah, Tapi tak Ada yang Tak Mungkin Jika Kamu mau Berusaha."



"Allah Tidak akan Mengubah Nasib Suatu Kaum
sampai Mereka Sendiri yang Merubah Dirinya"
(Q. S. Ar Ra'd : 11)

"Sesungguhnya Kesulitan itu Ada Kemudahan
maka Apabila telah Selesai (dalam Suatu Urusan)
Kerjakanlah dengan Sungguh-Sungguh (Urusan) yang lain
dan Hanya kepada Tuhanmu lah Hendaknya Kamu Berharap"
(Q. S. Al Insyiroh : 6-8)

PERSEMBAHAN

Setulus Hati Kupersembahkan Karya Kecilku ini Kepada :

ALLAH SWT

"Sesungguhnya Sholatku, Ibadahku, Hidupku dan Matiku Hanyalah untuk Allah SWT,

Tuhan Semesta Alam"
(Q. S. Al An-am : 162)

NABI MUHAMMAD SAW

"Nabi Lebih Utama bagi Orang Mukmin dari pada diri Mereka Sendiri"

(Q. S. Al Ahzab : 6)

KEDUA ORANG TUAKU

Ayahanda H. Abd. Rochim dan Mama Tercinta Hj. Nur'aeni

"Sebagai Ungkapan Rasa Syukur kepada Nya, yang telah Menganugrahkan Orangtua terbaik, yang telah memberikan Pendidikan dan Kasih Sayang Terbaik Selama ini"

"Terima Kasih Kedua Orangtuaku Atas Semua Do'a dan Restumu, Cinta, Perhatian, Kesabaran, Kepercayaan, Pengorbanan dan Segala Dukungan yang Selama ini Engkau Curahkan Kepadaku, hingga ku menjadi anak yang Insya Allah selalu engkau banggakan."

KAKAK-KAKAKU, ADIK-ADIKKUU & KEPONAKANKU TERCINTA

I LOVE U ALL

Semua Keluarga Besarku dan Sahabat-sahabatku, Terima Kasih Atas Do'a dan

Dukungannya.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum, wr, wb

Alhamdulillah segala puji dan syukur kahadirat Allha SWT atas segala rahmat dan karuniaNya, tidak lupa pula Sholawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Penurunan Konsentrasi Besi (Fe) Pada Lindi TPA Piyungan Dengan Metode Elektrokoagulasi”**.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tentunya penyusun tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan sehingga penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Selama menyelesaikan Tugas Akhir ini, penyusun telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bpk. Luqman Hakim, ST, Msi, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta dan juga selaku pembimbing I Tugas Akhir yang telah bersedia

meluangkan waktu, membimbing, mendukung serta mencurahkan pikirannya untuk memberikan masukan-masukan kepada penyusun.

2. Bpk Tatang Shabur Julianto, Ssi, Msi, selaku pembimbing II Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu, membimbing, mendukung serta mencurahkan pikirannya untuk memberikan masukan-masukan kepada penyusun.
3. Bpk Eko Siswoyo, ST, selaku Koordinator Tugas Akhir dan Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan.
4. Bpk Ir. Kasam, MT ; Bpk Andik Yulianto, ST ; Bpk Hudori, ST ; Ibu Yureana, ST, MSc ; Ibu Any Juliani, ST, MSc, selaku Dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
5. Mas Agus, selaku Staf Jurusan Teknik Lingkungan.
6. Mas Tasyono, Amd dan Mas Iwan, Amd, selaku laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan.
7. Semua pihak yang telah memberi bantuan dan dukungan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Akhirnya penyusun sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri maupun bagi semua pihak yang menggunakan laporan ini.

Wassalamu'alaikum wr,wb.

Yogyakarta, Agustus 2007

Penyusun

Alfiyah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	.....	ii
MOTTO	.....	iii
KATA PENGANTAR	.....	iv
DAFTAR ISI	.....	vi
DAFTAR TABEL	.....	xi
DAFTAR GAMBAR	.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	.....	xiv
INTISARI	.....	xv
ABSTRACT	.....	xvi
BAB I	PENDAHULUAN	
1.1.	Latar Belakang	1
1.2.	Rumusan Masalah	3
1.3.	Batasan Masalah	4
1.4.	Tujuan Penelitian	4
1.5.	Manfaat Penelitian	5
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	
2.1.	Pengertian Lindi	6
2.1.1.	Proses Pembentukan Lindi	7

2.1.2.	Kualitas dan Kuantitas Lindi	9
2.1.3.	Karakteristik Lindi	11
2.1.4.	Pergerakan Lindi Didalam Landfill	13
2.1.5.	Pengaruh Lindi Terhadap Pencemaran Air	14
2.2.	Logam	15
2.2.1.	Logam Berat	15
2.2.2.	Besi (Fe)	16
2.2.3.	Karakteristik Logam Berat	19
2.2.4.	Dampak Pencemaran Logam Berat	20
2.3.	Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan	21
2.3.1.	Sistem Operasional	21
2.3.2.	Pengolahan Lindi	22
2.4.	Elektrokoagulasi	23
2.4.1.	Destabilisasi Partikel Koloid	29
2.4.2.	Mekanisme Pembentukan Flok	31
2.4.3.	Elektrolisa	32
2.4.4.	Sel Elektrolisis	33
2.4.5.	Tembaga	34
2.4.6.	Alumunium	34
2.5.	Aerasi	35
2.6.	Arus Listrik	36
2.7.	Hipotesa	38

BAB III METODE PENELITIAN

3.1.	Lokasi Penelitian	39
3.2.	Obyek Penelitian	39
3.3.	Waktu Penelitian	39
3.4.	Variabel Penelitian	40
3.5.	Tahap Pelaksanaan	40
3.5.1.	Bahan Penelitian	40
3.5.2.	Alat yang Digunakan dalam Penelitian	40
3.6.	Tahap Pelaksanaan 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	45
3.8.	Analisa Data	46

BAB IV PRA STUDI

4.1.	Desain Alat	47
4.1.1.	Bak Elektrokoagulasi	47
4.1.2.	Bak Baffle Channel Flocculator	48
4.1.3.	Bak Sedimentasi	50
4.1.4.	Bak Filtrasi	53
4.2.	Percobaan Awal	55
4.2.1.	Jenis dan Dosis Koagulan	55

4.2.1.1.	Jar Test	55
4.2.1.2.	Elektrokoagulasi	59
4.2.2.	Elektroda	63
4.2.3.	Waktu Kontak	64
4.3.	Parameter Pendukung	65
4.3.1.	pH	65
4.3.2.	Daya Hantar Listrik	66
4.3.3.	TSS	68
4.3.4.	TDS	69
4.3.5.	Warna	72
4.3.6.	Salinitas	77
4.3.7.	Suhu	79
4.3.8.	DO	79

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1.	Hasil Penelitian Lindi TPA Piyungan	83
5.2.	Variasi Dosis Koagulan dan Waktu Kontak	86
5.3.	Penurunan Konsentrasi Besi	91

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan 102

6.2. Saran 103

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan unsur-unsur dalam lindi	10
Tabel 4.1. Tabel percobaan <i>jar test</i> dengan variasi koagulan	59
Tabel 4.2. Tabel percobaan elektrokoagulasi dengan variasi dosis tawas	63
Tabel 4.3 Parameter pendukung	82



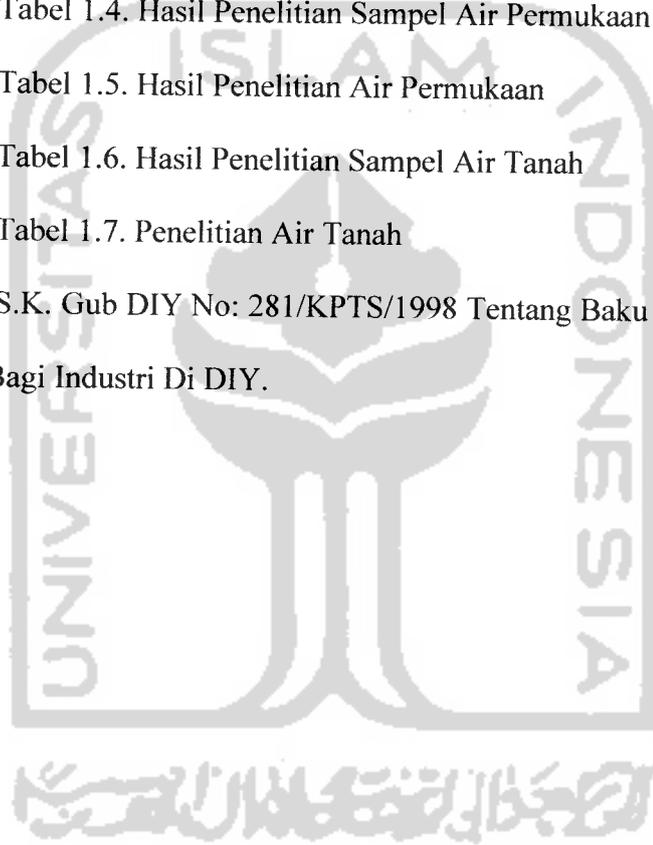
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Keseimbangan air dalam suatu tanah lahan urug	8
Gambar 2.2. Rembesan lindi ke dalam air tanah	14
Gambar 2.3. Sel Elektrokoagulasi	24
Gambar 3.1. Diagram tahap penelitian	42
Gambar 3.2. Rangkaian desain alat Elektrokoagulasi	44
Gambar 4.1. Bak Elektrokoagulasi dan <i>magnetic steer barr</i>	48
Gambar 4.2. Bak <i>baffle channel flocculator</i>	50
Gambar 4.3. Bak sedimentasi	51
Gambar 4.4. Efisiensi bak sedimentasi	52
Gambar 4.5. Bak filtrasi	53
Gambar 4.6. Efisiensi bak filtrasi	54
Gambar 4.7. Percobaan <i>jar test</i>	55
Gambar 4.8. Percobaan <i>jar test</i> dengan menggunakan tawas	56
Gambar 4.9. Percobaan <i>jar test</i> dengan menggunakan Ferro sulfat	57
Gambar 4.10. Percobaan <i>jar test</i> dengan menggunakan variasi ferro sulfat dan kapur tohor	58
Gambar 4.11. Percobaan elektrokoagulasi	60
Gambar 4.12. Percobaan elektrokoagulasi menggunakan tawas 8 gr/500ml	62
Gambar 4.13. Batangan anoda dari tembaga dan katoda dari aluminium	64

Gambar 4.14. Efisiensi DHL dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas	67
Gambar 4.15. Efisiensi TSS dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas	68
Gambar 4.16. Skema Zat Padat Total	71
Gambar 4.17. Efisiensi TDS dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas	72
Gambar 4.18. Variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas	75
Gambar 4.19. Variasi waktu kontak terhadap konsentrasi salinitas	77
Gambar 5.1. Penurunan konsentrasi besi (Fe) dengan dosis tawas 15000 ppm dan dosis tawas 20000 ppm menggunakan proses elektrokoagulasi	87
Gambar 5.2. Efisiensi besi (Fe) pada dosis tawas 15000 ppm dan 20000 ppm	88
Gambar 5.3. Batangan anoda dan katoda setelah melakukan proses elektrokoagulasi	92
Gambar 5.4. Proses reduksi-oksidasi pada peristiwa elektrokoagulasi	93
Gambar 5.5. Lindi hasil proses elektrokoagulasi	95
Gambar 5.6. Lapisan difusi (<i>double layer compression</i>).....	98

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Tabel 1.1. Hasil pengujian konsentrasi besi (Fe) dengan dosis tawas 15000ppm
Tabel 1.2. Hasil pengujian konsentrasi besi (Fe) dengan dosis tawas 20000 ppm
- Lampiran 2. Tabel 1.3. Hasil Penelitian Pada Sampel Lindi di TPAS Piyungan
- Lampiran 3. Tabel 1.4. Hasil Penelitian Sampel Air Permukaan (Sungai Opak)
- Lampiran 4. Tabel 1.5. Hasil Penelitian Air Permukaan
- Lampiran 5. Tabel 1.6. Hasil Penelitian Sampel Air Tanah
- Lampiran 6. Tabel 1.7. Penelitian Air Tanah
- Lampiran 7. S.K. Gub DIY No: 281/KPTS/1998 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri Di DIY.



PENURUNAN KONSENTRASI BESI (Fe) PADA LINDI TPA PIYUNGAN DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

Intisari

Proses pengolahan sampah domestik di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan, Yogyakarta., akan menghasilkan lindi yang merupakan cairan yang meresap melalui sampah dan mengandung logam berat yaitu besi (Fe). Tingginya konsentrasi besi (Fe) pada lindi dapat menurunkan kualitas tanah dan air tanah disekitarnya, maka dibuat suatu alternatif pengolahan lindi agar dapat menurunkan konsentrasi besi (Fe) yaitu dengan proses elektrokoagulasi. Proses elektrokoagulasi ini adalah suatu proses mengalirkan arus listrik searah melalui batangan tembaga dan alumunium.

Pada penelitian ini digunakan alat elektrokoagulasi, baffle channel sebagai flokulator, sedimentasi dan filtrasi. Dua batang elektroda digunakan pada penelitian ini yang dimasukkan kedalam bak elektrokoagulasi, kutup positif digunakan batangan tembaga, dan kutup negatif digunakan batangan alumunium. Aerator juga digunakan pada bak ini.

Waktu kontak dan dosis tawas berpengaruh terhadap efisiensi konsentrasi besi (Fe). Semakin lama waktu kontak dan dosis tawas yang besar maka efisiensi konsentrasi besi (Fe) semakin meningkat. Efisiensi paling tinggi terjadi pada waktu kontak 75 menit pada dosis tawas 15000ppm sebesar 79,85%. Dari hasil penelitian menggunakan proses elektrokoagulasi konsentrasi besi sudah memenuhi standar baku mutu sesuai S.K. Gub DIY No: 281/KPTS/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi industri di DIY.

Kata kunci : TPA Piyungan, Lindi, Elektroda, elektrokoagulasi, besi.

REMOVAL OF IRON (Fe) FROM LEACHATE TPA PIYUNGAN BY ELECTROCOAGULATION METHOD

Abstract

Process the domestic garbage in TPA Piyungan, Yogyakarta., will yield the leachate representing dilution which diffuse through garbage and contain the heavy metal that is Iron (Fe) . Height of Iron (Fe) Concentration at lindi can degrade the quality of land and ground water around it, so the alternative treatment of leachate that can degrade the Iron (Fe) concentration is with the electrocoagulation process. Electrocoagulation is a process conduct the unidirectional electric current through a bar of copper and aluminium attached parallelly in a square basin.

This research is used electrocoagulation, baffle channel as flocculator, sedimentation and also filtration. Two electrode bar used at this research included into basin electrocoagulation, positive pole used of copper bar, and negative pole used of aluminium bar. Aerator is also used at this basin.

Time contact and alum dose have an effect on to efficiency of Iron (Fe) concentration. The longer time contact and big alum dose hence efficiency of Iron (Fe) concentration progressively up. Became of the Highest efficiency of time contact 75 minute at alum dose 15000 ppm equal to 79,85%. From research result use the process of electrocoagulation of iron (Fe) concentration have fulfilled the permanent standard quality of liquid waste for industries at S.K. Gub DIY No: 281/KPTS/1998.

Keywords : TPA Piyungan, leachate, Electrode, electrocoagulation, iron.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampah merupakan sebagai hasil sampingan dari berbagai macam aktivitas dalam kehidupan manusia dan sebagai hasil dari suatu proses alamiah, dapat menimbulkan berbagai masalah seperti tempat berkembangnya vektor penyakit menular, menciptakan pemandangan yang kurang menyenangkan dan dapat menimbulkan pencemaran udara, air dan tanah yang secara langsung berpengaruh terhadap kesehatan lingkungan (Sudarso, 1985).

Permasalahan sampah pada suatu kota tidak hanya mengancam aspek keindahan dan kebersihan, juga dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat jika tidak ditangani dengan baik. Proses pengolahan sampah yang dilakukan ditempat pembuangan akhir (TPA) akan menghasilkan lindi atau luruhan sampah yang merupakan cairan yang meresap melalui sampah dan mengandung unsur-unsur yang terlarut dan tersuspensi. Lindi akan terjadi apabila ada air eksternal yang berfiltrasi kedalam sampah, misalnya : air permukaan, air hujan atau air tanah dan sumber air yang lain. Lindi termasuk salah satu bentuk pencemar lingkungan yang dihasilkan oleh timbunan sampah. Oleh karena itu diperlukan suatu pengolahan yang bertujuan untuk meningkatkan atau memperbaiki kualitas lingkungan hidup yang menurun karena pengelolaan limbah yang tidak benar, baik

menyangkut jalur pengangkutan, letak tempat pembuangan akhir (TPA) maupun metode pemusnahan dan penanganan rembesan lindi.

Sejalan dengan pertumbuhan dan perkembangannya Kota Yogyakarta tidak terlepas dari permasalahan sampah. Di wilayah Yogyakarta saat ini telah beroperasi tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan dengan tujuan untuk mengantisipasi kebutuhan masyarakat akan pelayanan persampahan guna mewujudkan kebersihan kota dengan tetap melestarikan lingkungan hidup. Tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan ini mulai dioperasikan pada tahun 1995 dengan luas lahan 12,5 Ha. Pengoperasian sistem pengelolaan sampah akan berpengaruh terhadap pemanfaatan sumber daya alam, kesehatan dan kenyamanan masyarakat sekitarnya. Pengelolaan sampah di TPA Piyungan menggunakan metode *Controlled Landfill*, yaitu suatu metode peralihan antara metode *Open Dumping* dengan metode *Sanitary Landfill*.

Lindi yang merupakan rembesan limbah cair sampah, biasanya mengandung bahan-bahan organik terlarut serta ion-ion anorganik dalam konsentrasi tinggi sehingga lindi potensial menimbulkan pencemaran terhadap sumber air tanah dan air permukaan. Lindi mengandung berbagai unsur berbahaya bagi kesehatan lingkungan yang diantaranya adalah besi, dimana sumber pencemaran logam besi (Fe) ini antara lain : bekas buangan industri pelapisan, industri percetakan, sisa- sisa cat, batu baterai dan lain sebagainya sehingga lindi dapat menimbulkan bau tidak sedap dan air menjadi berwarna coklat.

Departemen P.U (1995) menyatakan bahwa tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan memiliki IPAS (Instalasi Pengolahan Air Sampah) atau IPLC (Instalasi Pengolahan Limbah Cair), tetapi kinerjanya belum optimal. Hal ini menyebabkan

lindi (effluen) masih mengandung zat pencemar dalam konsentrasi yang tinggi diantaranya besi (Fe). Pada TPA Piyungan konsentrasi besi sebesar 19,205 mg/l. Konsentrasi zat pencemar sebesar ini akan mencemari lingkungan hidup sehingga akan memberikan dampak negatif antara lain bagi kesehatan manusia (bersifat racun, korosif dan iritasi) dan bagi lingkungan sendiri yaitu terhadap badan air dan kehidupan perairan.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui cara pengolahan yang dapat menurunkan kadar besi (Fe) yang ada dalam lindi. Salah satu cara pengolahannya yaitu dengan cara proses elektrokoagulasi. Proses ini menggunakan 2 plat elektroda atau lebih dan bila di aliri arus listrik searah, maka plat-plat tersebut dapat mereduksi ion-ion besi (Fe).

1.2. Rumusan Masalah.

Berdasarkan masalah tersebut diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Apakah kuat arus dan waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi besi (Fe) dalam lindi.
2. Bagaimana tingkat efisiensi dari proses elektrokoagulasi dalam menurunkan konsentrasi besi (Fe) pada lindi.

1.3. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi hal-hal berikut ini :

1. Lindi diambil ditempat pembuangan akhir sampah (TPA) Kota Yogyakarta terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Parameter yang di analisa adalah konsentrasi besi (Fe) yang terkandung dalam lindi yang diambil dari TPA Piyungan.
3. Kualitas lindi sesudah perlakuan menggunakan proses elektrokoagulasi dalam menurunkan konsentrasi besi (Fe).
4. Elektroda yang digunakan adalah tembaga dan aluminium.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh waktu kontak dan variasi dosis tawas dalam pengolahan dengan menggunakan proses elektrokoagulasi.
2. Mengetahui tingkat efisiensi penurunan konsentrasi besi (Fe) yang terkandung dalam lindi setelah melalui proses elektrokoagulasi.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian dari penelitian ini adalah :

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



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Lindi

Lindi atau air luruhan sampah adalah cairan yang meresap melalui sampah dan mengandung unsur-unsur yang terlarut dan tersuspensi. Secara umum lindi adalah limbah cair dari suatu tempat penimbunan sampah padat atau air rembesan dari hasil dekomposisi sampah padat yang terakumulasi pada suatu timbunan sampah yang mengandung sejumlah zat-zat kimia beracun, bakteri patogen, senyawa organik dan konstituen lainnya yang terlarut dan tersuspensi di dalam tanah (Anonim, 1995).

Proses adanya lindi dapat terjadi karena ada dua hal yaitu : cairan yang berasal dari sampah itu sendiri dan cairan yang berasal dari luar, terutama dari air hujan yang jatuh ke lokasi penimbunan sampah. Cairan tersebut kemudian akan mengisi rongga-rongga pada sampah dan apabila kapasitasnya sudah melebihi kapasitas tekanan air dari sampah, maka cairan tersebut akan keluar sebagai cairan lindi. Hasil dari proses tersebut maka lindi biasanya mengandung bahan-bahan organik terlarut serta ion-ion anorganik dalam konsentrasi tinggi (Damanhuri, 1993).

Pada saat lindi mengalir dan mencapai air tanah maka kehadiran lindi yang mengandung logam berat dan senyawa organiknya dapat menurunkan kualitas air tanah sekitarnya. Untuk menghindari hal tersebut maka perlu dipikirkan usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mencegah atau mengurangi dampak negatif lindi terhadap lingkungan.

2.1.1. 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 :

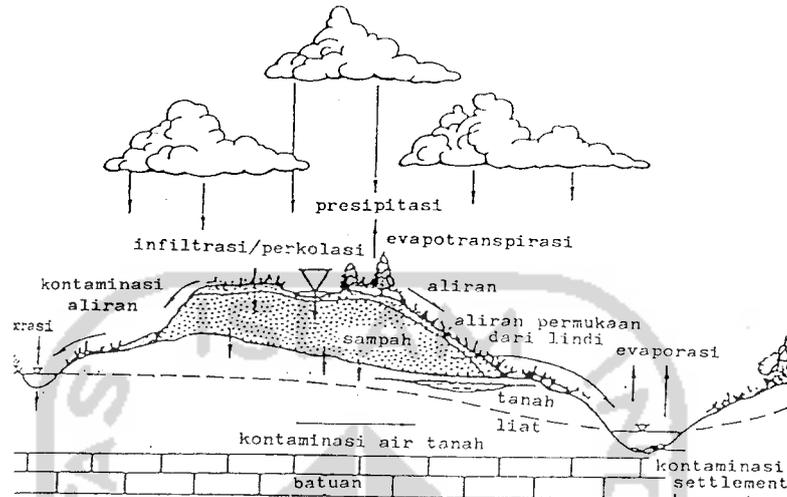
1. Penguraian biologis bahan organik secara aerob dan anaerob yang menghasilkan gas dan cairan.
2. Oksidasi kimiawi.
3. Pelepasan gas dari timbunan sampah.
4. Pelarutan bahan organik dan anorganik oleh air dan lindi yang melewati timbunan sampah.
5. Perpindahan materi terlarut karena gradien konsentrasi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

Kuantitas lindi yang ditimbulkan oleh timbunan sampah padat pada suatu tempat pembuangan akhir (TPA) dipengaruhi oleh :

1. Presipitasi atau air permukaan yang berinfiltrasi ke dalam timbunan sampah melalui tempat penimbunan.
2. Kandungan air dari sampah itu sendiri.
3. Air dari proses dekomposisi bahan organik sampah.
4. Air tanah dari sumber lain yang bergerak dalam arah horizontal melalui tempat penimbunan.

Reaksi biologi akan terus berlangsung di dalam timbunan sampah menurut kondisi yang ada atau tidak adanya oksigen (aerob dan anaerob). Sejalan reaksi

biologis akan terjadi pula reaksi kimia, dimana leaching (proses terjadinya lindi) dan proses lainnya akan dihasilkan.



Gambar 2.1. Keseimbangan air dalam suatu tanah lahan urug

Pada gambar di atas terlihat bahwa lindi akan bergerak melewati tanah dan pada saatnya akan mencapai air tanah yang merupakan salah satu sumber air bagi manusia. Mengingat kualitas lindi yang buruk, maka kontak antara lindi dan air tanah harus dihindarkan, karena apabila hal itu terjadi maka kualitas air tanah akan menurun terutama karena adanya perubahan konsentrasi mineral (kesadahan, alkalinitas, besi, mangan, dan lain-lain) serta adanya kandungan organik (BOD_5 , COD) pada air tanah.

2.1.2. Kualitas dan Kuantitas Lindi

Ada dua faktor yang dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas lindi dalam landfill, yaitu :

1. Faktor Eksternal :

- Klimatologi.
- Hidrologi lokasi penimbunan sampah.
- Sifat air yang masuk ke dalam timbunan sampah.

2. Faktor Internal :

- Karakteristik sampah (organik atau anorganik, mudah tidaknya terurai, mudah tidaknya larut).
- Kondisi tempat pembuangan akhir (TPA) yang menyangkut umur timbunan sampah, kelembaban dan temperatur.
- Jenis operasi yang dilakukan ditempat penimbunan sampah (tanah penutup dan sebagainya).

Kualitas dan kuantitas lindi akan terus berkurang seiring dengan bertambahnya waktu. Pengurangan kuantitas ini diakibatkan oleh leaching (proses terjadinya lindi) selama proses dekomposisi berlangsung. Leaching terhenti apabila kecepatan penurunan dari konsentrasi lindi yang mengandung material terlarut karena tidak terjadi lagi pengurangan dari limbah padat.

Menurut Tchobanoglous (1993), komponen utama yang terdapat dalam lindi dari landfill diantaranya adalah : zat organik, kalsium (Ca), besi (Fe), nitrit ($\text{Na}_3\text{-N}$), magnesium (Mg), trace metal seperti : mangan (Mn), timah hitam (Pb) serta komponen mikrobiologi.

Kualitas dari lindi hasil pengolahan pada unit pengolahan yang ada di tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Kandungan Unsur-Unsur Dalam Lindi

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi	
			Kisaran	Tipikal
1	BOD	mg/l	2000-30000	10000
2	TOC	mg/l	1500-20000	6000
3	COD	mg/l	3000-45000	18000
4	TSS	mg/l	200-1000	500
5	Organik Nitrogen	mg/l	10-600	200
6	Amonia Nitrogen	mg/l	16-800	200
7	Nitrat	mg/l	5-40	25
8	Total Phospor	mg/l	1-70	30
9	Ortho Phospor	mg/l	1-50	20
10	Alkaliniti	mg/l	1000-10000	3000
11	pH	-	5,3-8,5	6
12	Total Hardness	mg/l	200-10000	3500
13	Kalsium	mg/l	200-3000	1000

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi	
			Kisaran	Tipikal
14	Magnesium	mg/l	50-1500	250
15	Potasium	mg/l	200-2000	300
16	Natrium	mg/l	200-2000	500
17	Klorida	mg/l	100-3000	500
18	Sulfat	mg/l	100-1500	300
19	Total Besi	mg/l	50-600	60

Sumber : Tchobanoglous (1993)

2.1.3. Karakteristik Lindi

Karakteristik lindi sangat bervariasi tergantung dari proses dalam landfill yang meliputi proses fisik, kimia dan biologi. Mikroorganisme di dalam sampah akan menguraikan senyawa kimia organik yang terdapat dalam sampah menjadi senyawa organik yang lebih sederhana, sedangkan senyawa anorganik seperti logam berat teroksidasi (Tchobanoglous, 1993).

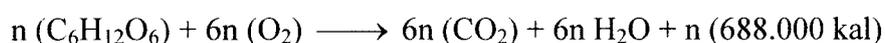
Reaksi kimia pada dekomposisi materi organik dalam landfill menurut Soewedo (1983) dijelaskan sebagai berikut :

1. Secara Aerobik



Selulosa

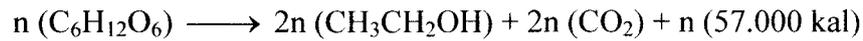
Glukosa



2. Secara Anaerobik



Selulosa Glukosa



Etanol



Asam Asetat



Metana

Dekomposisi sampah akibat aktivitas mikroba dalam landfill menurut Tchobanoglous (1993) dibagi menjadi :

a. Fase Permulaan

Materi organik dirombak oleh mikroba aerobik karena tersedianya oksigen yang terperangkap dalam landfill menjadi bentuk sederhana dan karbondioksida (CO_2).

b. Fase Transisi

Apabila oksigen yang terperangkap dalam landfill habis dikonsumsi oleh mikroba aerobik maka proses dekomposisi diambil alih oleh mikroba anaerobik.

c. Fase Asam

Pada fase ini banyak dibentuk asam asetat, karbondioksida (CO_2) dan sedikit gas hidrogen, mikroba yang ada diidentifikasi sebagai bentuk asam atau acidogens.

d. Fase Pembentukan Metan

Mikroba yang berperan adalah methanogens atau pembentuk metan. Mikroba ini merubah asam asetat menjadi CH_4 dan karbondioksida.

e. Fase Maturation

Gas-gas utama yang dihasilkan adalah CH_4 dan karbondioksida sedikit ditemukan gas nitrogen dan gas oksigen. Lindi yang dihasilkan banyak mengandung asam humik dan fulfik.

2.1.4. Pergerakan Lindi Didalam Landfill

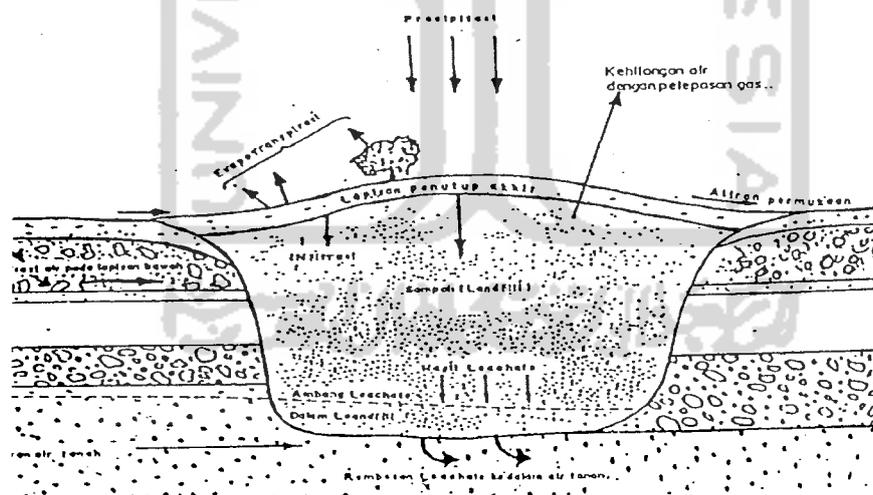
Lindi yang terdapat pada dasar landfill dapat bergerak secara horizontal atau vertikal tergantung dari karakteristik permeabilitas tanah. Selama pengaliran lindi ke dalam tanah, nilai koefisien permeabilitas akan menurun karena reaksi memperkecil ukuran pori-pori.

Partikel tanah dengan permukaan yang halus menyebabkan aliran lindi lebih lambat, karena koefisien permeabilitasnya rendah. Hal ini memungkinkan tanah tersebut memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk menahan zat padat yang tidak terlarut. Jika seluruh rongga di dalam tanah terisi air, maka tanah tersebut dikatakan mencapai titik jenuh. Kemungkinan terjadi pengenceran lindi di dalam air tanah sangat kecil karena aliran tanah bersifat laminer.

2.1.5. Pengaruh Lindi Terhadap Pencemaran Air

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air menurun ketingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (MENKLH, 1988 cit Fardiaz, 1995). Pengaruh lindi terhadap terjadinya pencemaran air adalah sebagai berikut :

1. Air permukaan yang tercemar lindi dengan kandungan organik yang tinggi pada proses penguraian secara biologis akan menghabiskan kandungan oksigen dalam air dan pada akhirnya seluruh kehidupan yang tergantung pada air akan mati.
2. Air tanah yang tercemar lindi dengan konsentrasi tinggi, pencemar tersebut akan tetap pada air tanah dalam jangka waktu yang lama karena terbatasnya oksigen yang terlarut sehingga air tanah tercemar tersebut dalam jangka waktu yang lama tidak sesuai lagi untuk sumber air bersih.



Gambar 2.2. Rembesan lindi ke dalam air tanah

2.2. Logam

Logam adalah elemen yang dalam larutan air akan melepaskan satu elektron atau lebih dan menjadi kation. Hampir 75% dari unsur yang terdapat dalam tabel periodik unsur merupakan unsur logam, ditemukan hampir pada setiap golongan kecuali pada golongan VII-A dan golongan VIII-A.

Pada unsur logam, baik padat maupun cair akan memberikan ion positif bila senyawanya dilarutkan dalam air, sedangkan oksidanya akan membentuk hidroksida bila bertemu dengan air. Pada lingkungan perairan, logam umumnya berbentuk ion-ion bebas, pasangan ion organik, ion kompleks dan bentuk-bentuk ion lainnya. Sedangkan kelarutannya dikontrol oleh pH badan air, dan naiknya pH akan diikuti oleh semakin kecilnya kelarutan dari senyawa logam tersebut. Lama kelamaan persenyawaan itu akan mengendap dan membentuk lumpur (Palar, 1994).

Menurut Amanto dan Daryanto (1999), logam dapat dibagi menjadi beberapa golongan, yaitu :

- a. Logam berat, antara lain : Fe, Ni, Cr, Cu, Sn putih dan hitam dan Zn.
- b. Logam ringan, antara lain : Al, Mg, Ti, Ca, K, Na dan Ba.
- c. Logam mulia, antara lain : Au, Pt, dan Ag.
- d. Logam tahan api, antara lain : MO, Ti, Wolfram dan Zirkonium.

2.2.1. Logam Berat

Logam berat adalah logam yang dapat menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup dan dapat dikatakan bahwa semua logam berat dapat menjadi bahan beracun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup. Hampir semua logam berat dalam

bentuk ion dapat menjadi ion yang akan meracuni tubuh makhluk hidup, tetapi dalam jumlah tertentu ion-ion logam berat justru sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup atau disebut juga dengan berat esensial.

Logam merupakan komponen yang banyak terdapat dan menyangkut benda-benda di alam. Pada umumnya semua logam tersebar diseluruh bumi, tanah, air, dan udara. Secara biologis beberapa logam dibutuhkan oleh makhluk hidup pada konsentrasi tertentu, kekurangan logam itu akan menyebabkan penyakit demikian pula sebaliknya. Jika tertelan dalam jumlah besar dapat mengganggu kesehatan. Logam beracun adalah semua logam yang kepekatannya dalam lingkungan kini dianggap mengganggu kesehatan, setidak-tidaknya bagi sebagian orang di beberapa tempat.

Istilah logam secara khas mencirikan suatu unsur yang merupakan konduktor listrik yang baik dan mempunyai konduktifitas panas, rapatan, keelektropositifan yang tinggi. Logam berat didefinisikan sebagai logam yang mempunyai berat lebih dari 5g/cm^3 .

2.2.2. Besi (Fe)

Besi (Fe) adalah salah satu elemen kimia yang dapat ditemui disetiap tempat di bumi, berasal dari pelapukan mineral dan penyebarannya sangat luas. Pada air permukaan jarang ditemui kadar besi (Fe) lebih dari $0,1\text{ mg/l}$, tetapi dalam air tanah kadar besi (Fe) dapat jauh lebih tinggi.

Pada umumnya sifat besi (Fe) dalam air adalah :

1. Terlarut sebagai ferro (Fe^{2+}) atau ferri (Fe^{3+}), bentuk ferri lebih stabil dari pada bentuk ferro dan pada umumnya bentuk ferro cenderung berubah menjadi bentuk ferri.
2. Tersuspensi sebagai butir koloidal antara lain sebagai Fe_2O_3 , FeO , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya.
3. Tergabung dalam zat padat anorganik seperti tanah liat.

Pada air yang tidak mengandung oksigen seperti air tanah, besi (Fe) berada sebagai ferro (Fe^{2+}) yang cukup mudah terlarut. Sementara itu pada air sungai yang mengalir dan mengalami aerasi ferro (Fe^{2+}) teroksidasi menjadi ferri (Fe^{3+}) yang sukar larut pada pH 6–8, dapat menjadi ferrihidroksida atau $\text{Fe}(\text{OH})_3$ atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat dan dapat mengendap.

Pengaruh terhadap kesehatan dapat terjadi karena tercemarnya tanah dan air tanah oleh lindi dengan konsentrasi besi (Fe) yang tinggi. Kehadiran besi (Fe) yang berlebihan didalam air menimbulkan beberapa efek yaitu :

1. Presipitasi dari logam ini merubah air menjadi keruh berwarna kuning kecoklatan, kadang-kadang sampai hitam.
2. Kehadiran besi menyebabkan berkembangnya mikroorganisme pada sistem distribusi.
3. Deposit dari presipitat besi kadang-kadang tersuspensi kembali dengan bertambahnya *flow rate* dapat menimbulkan kekeruhan cukup tinggi.
4. Menyebabkan air berasa logam dan berbau.

5. Presipitasi dari logam-logam ini menimbulkan kesukaran pada proses pengolahan air misalnya *ion exchange* yang dapat mempercepat habisnya kapasitas penukaran ion.
6. Konsentrasi besi dalam air yang melebihi 2 mg/l akan menimbulkan noda-noda pada kain dan peralatan-peralatan dapur.
7. Besi dapat mengakibatkan endapan pada pipa-pipa logam.
8. Dalam dosis tinggi dapat merusak dinding usus, bahkan dapat menyebabkan kematian karena rusaknya dinding usus.
9. Debu besi dapat diakumulasi di dalam alveoli dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru.

Berdasarkan pada pertimbangan diatas, maka harus dilakukan proses pengolahan terhadap limbah cair lindi yang diketahui mengandung konsentrasi besi (Fe) yang tinggi. *Effluen* dari proses pengolahan harus memenuhi standar baku mutu kualitas limbah cair yang telah ditetapkan, sehingga akan mengurangi tingkat pencemaran dari lindi terhadap air tanah dan air permukaan disekitar tempat pembuangan akhir (TPA), ataupun dapat mencemari tanah dan air tanah yang dilewati oleh aliran lindi.

Pengolahan air limbah yang mengandung besi (Fe) dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Oksidasi, khlorinasi atau ozonisasi atau dengan bahan kimia lain seperti : kalium permanganat yang dilanjutkan dengan proses filtrasi atau proses pengendapan.

2. Koagulasi – flokulasi yang diikuti proses filtrasi atau pengendapan.
3. Pertukaran ion (*ion exchange*).
4. Penghilangan besi dengan bakteri besi.

2.2.3. Karakteristik Logam Berat

Menurut Purcell dan Kotz (1980), setiap logam memiliki kemampuan sebagai berikut :

1. Kemampuan sebagai penghantar listrik.
2. Kemampuan sebagai penghantar arus panas yang baik.
3. Memiliki rapatan yang tinggi.
4. Dapat membentuk alloy dengan logam lain.
5. Untuk logam yang padat dapat ditempa dan dibentuk.

Karakteristik logam berat antara lain :

1. Memiliki spesifikasi gravitasi yang besar (> 4).
2. Mempunyai nomor atom 22–34 dan 40–50 serta unsur lantanida dan aktinida.
3. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Logam berat bersifat enzim inhibitor (Darmono, 1995), hal ini disebabkan karena terbentuknya senyawa merkaptida antara logam berat dengan gugus – SH yang terdapat dalam enzim, sehingga aktivitas enzim tidak berlangsung.

Mekanisme toksisitas logam berat menurut Connell dan Miller (1995), sebagai berikut :

1. Logam berat menahan gugus fungsi biologis yang esensial dalam biomolekul. Logam berat berikatan dengan gugus – SH dan gugus yang mengandung nitrogen.
2. Menggantikan ion logam esensial dalam biomolekul.
3. Mengubah konformasi aktif biomolekul.

2.2.4. Dampak Pencemaran Logam Berat

1. Gangguan terhadap kesehatan manusia

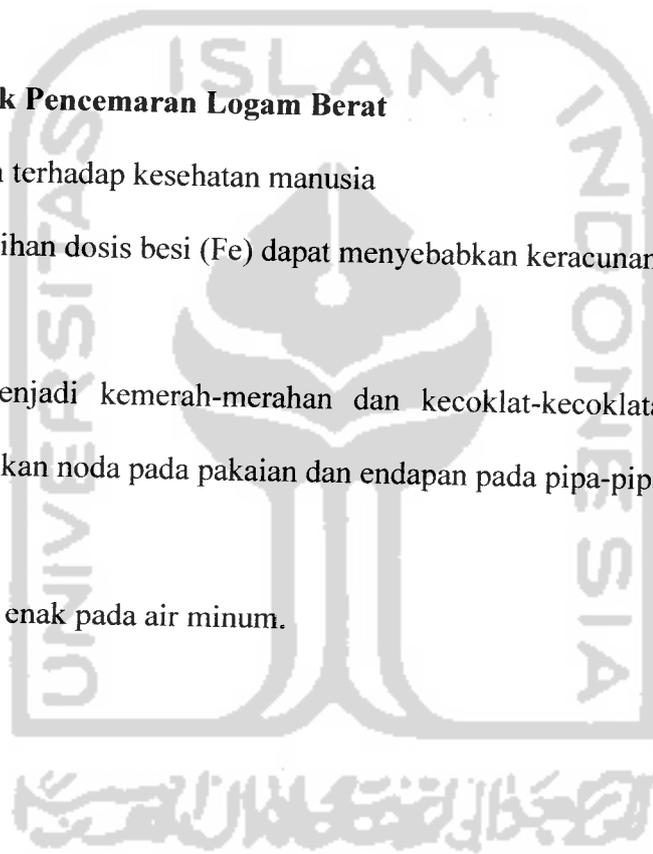
Jika kelebihan dosis besi (Fe) dapat menyebabkan keracunan pada anak-anak.

2. Warna

Warna menjadi kemerah-merahan dan kecoklat-kecoklatan sehingga dapat meninggalkan noda pada pakaian dan endapan pada pipa-pipa logam.

3. Rasa

Rasa tidak enak pada air minum.



2.3. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan

Tempat pembuangan akhir (TPA) merupakan sarana fisik untuk tempat penampungan akhir dari berbagai jenis sampah. Lokasi tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan terletak di dusun Ngablak Desa Sitimulyo Kecamatan Piyungan.

Tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan mempunyai fasilitas sebagai berikut :

- a. Jalan operasional, dari jalan masuk sampai lokasi tempat pembuangan akhir (TPA).
- b. Jalan menuju bangunan pengolah lindi.
- c. Lokasi kedap air untuk mencegah terjadinya rembesan lindi ke air tanah.
- d. Sistem drainase untuk menampung lindi.
- e. Sistem pengolah lindi termasuk resirkulasi lindi.
- f. Ventilasi gas untuk membuang gas yang terbentuk di tempat pembuangan akhir (TPA).
- g. Saluran air permukaan untuk mencegah terjadinya limpasan air dari luar tempat pembuangan akhir (TPA).
- h. Fasilitas pembersih untuk membersihkan truk sampah dan peralatan tempat pembuangan akhir (TPA).

2.3.1. Sistem Operasional

Sisteam operasional dibagi dalam dua kelompok, yaitu sistem mikro dan makro. Sistem mikro adalah pengumpulan sampah dari sumber sampah ke tempat pembuangan sementara (TPS) dengan menggunakan gerobak sampah dan biasanya

ditangani oleh masyarakat setempat. Sistem makro adalah berupa pengangkutan sampah dari TPS dengan menggunakan kendaraan dari pihak DKKP serta pengolahannya di tempat pembuangan akhir (TPA).

2.3.2. Pengolahan Lindi

Sistem pengolahan lindi tersebut didesain dengan maksud untuk mengurangi komponen pencemaran dari lindi. Untuk mengurangi bahan organik dan anorganik dari lindi tersebut telah dipilih kombinasi kolam pengendapan dan filter tanah, yang merupakan kombinasi dari pengolahan secara fisik dan biologi .

Lindi yang sudah diolah tersebut sedapat mungkin diresirkulasikan (dipompa kembali) ke sampah dan dapat diserapkan misalnya melalui ventilasi gas. Hal ini membantu proses pembusukan sampah, mengurangi beban polusi dari lindi tersebut.

Bangunan pengolahan lindi terdiri dari :

- Bak pertama, yang merupakan bak penerima lindi dari tempat pembuangan akhir (TPA).
- Bak pengendapan.
- Bak kedua, bak penerima efluen dari bak pengendap yang akan dialirkan ke filter tanah.
- Filter tanah.
- Bak ketiga, merupakan bak penerima efluen filter yang mana sebagian efluen diresirkulasikan ke permukaan atas TPA melalui pipa resirkulasi dan sebagian yang lain akan dibuang ke pematang.

Dalam bentuk yang paling sederhana, reaktor pengkoagulasi elektron dapat dibuat dari sel elektrolitik dengan satu anoda dan satu katoda. Ketika dihubungkan dengan sumber tenaga eksternal, bahan anoda tersebut secara elektrokimia akan mengkorosi karena proses oksidasi, sementara katodenya akan cenderung menjadi pasif. Tetapi penyusunan ini tidak sesuai untuk penanganan air limbah, karena untuk tingkat proses penggabungan logam, penggunaan elektroda dengan area permukaan yang besar diperlukan. Hal ini tercapai dengan menggunakan sel-sel elektroda monopolar, didalam salah satu hubungan paralel atau seri. Penyusunan sel elektrokoagulasi yang sederhana dengan menggunakan sepasang anoda dan sepasang katoda pada penyusunan paralel ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.3. Sel Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi memiliki kelebihan dan kekurangan dalam mengolah limbah cair. Adapun kelebihanannya adalah sebagai berikut :

1. Elektrokoagulasi memerlukan peralatan yang sederhana.

2. Elektrokoagulasi merupakan proses yang tidak menggunakan bahan kimia sehingga tidak memerlukan penetral, dan tidak ada kemungkinan terjadinya polusi.
3. Dapat memberikan efisiensi proses yang cukup tinggi untuk berbagai kondisi dikarenakan tidak dipengaruhi temperatur, pH tanpa menggunakan bahan kimia tambahan.

Adapun kelemahan dari proses elektrokoagulasi yaitu tidak dapat digunakan untuk mengolah limbah cair yang mempunyai sifat elektrolit cukup tinggi dikarenakan akan terjadi hubungan singkat antar elektroda. 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.

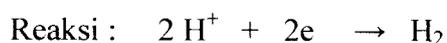
Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi yaitu sebagai akibat adanya arus listrik (DC). Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif bergerak katoda yang bermuatan negatif dan ion-ion ini disebut kation (bermuatan positif) sedangkan ion-ion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

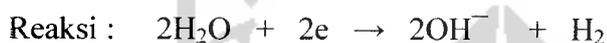
a. Reaksi pada katoda :

Pada katoda 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.



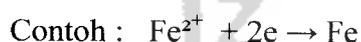
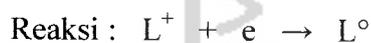
Dari daftar E° (deret potensial logam atau deret volta) maka akan diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah berlangsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air) : K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, (H), Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

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.
3. Jika larutan mengandung ion-ion logam lain maka ion-ion logam akan direduksi menjadi logamnya dan terdapat pada batang katoda.

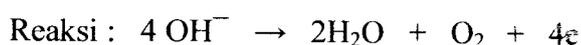


b. Reaksi pada anoda

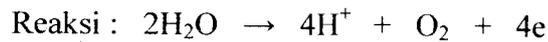
1. Anoda terbuat dari logam tembaga akan teroksidasi.



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, pada katoda akan dihasilkan gas hidrogen dan reaksi ion logamnya, maka pada anoda akan dihasilkan gas halogen dan pengendapan flok-flok yang terbentuk.

Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi (Johanes, 1978).

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

Setelah air mengalami elektrokoagulasi, air akan dialirkan ke bak *baffle chanel* kemudian ke bak sedimentasi yaitu pengendapan. Setelah mengendapnya partikel-partikel atau flok yang terbentuk tadi, kemudian diteruskan dengan filtrasi sehingga air yang dihasilkan bersih dari unsur kekeruhan, logam-logam dan mikroorganisme.

2.4.1. Destabilisasi Partikel Koloid

Pada umumnya hampir semua partikel koloid dalam air bermuatan listrik, dimana muatan itu cenderung menghasilkan gaya tolak menolak antara partikel sehingga untuk menggumpalkan partikel koloid harus dilakukan usaha mendestabilisasikan koloid tersebut.

Proses destabilisasi koloid terdapat tiga mekanisme yang dapat dijelaskan pada proses koagulasi yaitu :

1. Pemanfaatan lapisan difusi (*double layer compression*)

Kestabilan partikel koloid disebabkan oleh adanya lapisan bermuatan listrik pada permukaan partikel koloid, yang disebabkan oleh ionisasi atom, hidrasi molekul H_2O , 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.

Lapisan difusi mempunyai dua fungsi yang saling membantu sehingga koloid dikatakan stabil, yaitu:

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

2. Netralisasi muatan adsorpsi

a. Interaksi koagulan dengan koloid

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

b. Interaksi koagulan dengan pelarut

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.

c. 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.

d. Interaksi koloid dan pelarut

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

3. 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 dan sebagian lagi bebas berada dalam larutan. Ketika partikel lain dengan kondisi yang sama mendekat dan terjadi tarik-menarik maka akan terbentuk ikatan yang kompleks antar koloid dengan polimer sebagai jembatan penghubung.

2.4.2. Mekanisme Pembentukan Flok

Pada proses koagulasi, gugusan koagulan yang terbentuk atau diadsorpsi keseluruhan permukaan partikel koloid dengan cepat. Oleh karena itu jenis muatan yang berbeda, maka akan terjadi tarik-menarik elektrostatis antara keduanya, sehingga akan terjadi destabilan muatan partikel koloid.

Koloid memiliki sifat elektrostatis pada sekitar air walaupun sangat relatif. Adanya daya elektrostatis pada partikel sangat penting guna mempertahankan disperse koloid. Permukaan partikel koloid mengeluarkan arus elektrostatis dikarenakan terjadinya ionisasi dan adsorpsi ion gugus yang berada disekitar larutan. Hal ini juga terjadi pada koloid hidrofobik, yang disebabkan oleh adanya pengurangan ion didalam mineral. Koloid mineral seperti tanah liat mengandung atom nonmetalik lebih banyak dibanding atom metalik dalam struktur kristalnya, sehingga menghasilkan muatan negatif. Koloid hidrofobik ini umumnya adalah senyawa anorganik dan bermuatan negatif. Dengan demikian kenampakan adanya koloid tergantung pada jenis unsur koloid dan sifat sekitar larutan. Sifat koloid dalam sistem adalah tetap sehingga dikatakan berstabilkan dikarenakan adanya elektrostatis pada koloid. Karena pada umumnya muatan koloid adalah negatif dan saling tolak menolak, maka koloid tinggal tetap dalam larutan. Dalam proses koagulasi penggabungan partikel koloida dilakukan dalam dua tahap yaitu :

- a. Tahap pertama adalah reduksi gaya tolak menolak antar partikel. Umumnya partikel koloida akan stabil karena mempunyai muatan elektrostatis yang sama, sehingga menimbulkan gaya tolak menolak satu sama lain. Dengan penambahan

koagulan muatan tersebut yang umumnya negatif akan direduksi akibat netralisasi muatan oleh kation yang dilepas oleh koagulan.

- b. Tahap kedua dari proses koagulasi adalah penggabungan partikel yang telah stabil dengan cara saling tumbuk antar partikel.

Dalam proses koagulasi selain terjadi reaksi kimia yang sangat kompleks. Koagulasi adalah terjadinya reduksi zeta potensial, berubahnya tarik menarik *van der waals* yang mengakibatkan tidak adanya keseimbangan antara daya tolak menolak akibat daya elektrostatis zeta potensial dan daya tarik menarik *van der waals*. Agar terjadi dispersi atau pencampuran yang sempurna dalam proses koagulasi, pengadukan cepat dan intensif sangat diperlukan. Kontak antara koagulan dengan koloid secara intensif adalah tujuan utama pada operasi pengadukan, sehingga dengan demikian pada saat air meninggalkan bak pengadukan cepat, sudah terjadi *micro flok* atau jonjot mikro semaksimal mungkin. Jonjot mikro kemudian mulai aglomerisasi (membentuk massa besar) menjadi lebih besar.

2.4.3. Elektrolisa

Sebuah penghantar adalah suatu bahan yang didalamnya terdapat muatan-muatan bebas yang akan bergerak bila dikenai gaya oleh suatu medan listrik, muatan-muatan bebas didalam penghantar logam adalah elektron-elektron negatif, muatan-muatan bebas didalam elektrolit adalah ion-ion positif dan negatif.

Peristiwa mengalirnya arus listrik melalui elektrolit dengan disertai perubahan sifat kimia pada elektroda dan larutan yang saling bersinggungan disebut elektrolisa. Pada proses elektrolisa terjadi reaksi-reaksi kimia adalah sebagai akibat adanya arus

listrik. Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari elektron dan ion-ion yaitu ion positif bergerak menuju katoda yang bermuatan negatif, dan ion-ion ini kemudian disebut sebagai anion (bermuatan negatif).

2.4.4. Sel Elektrolisis

Suatu zat yang dapat menerima ion-ion atau menyerahkan ion dimana ia tercelup di dalam suatu larutan dinamakan elektrokimia. Sel elektrokimia yang bila diterusi arus listrik menghasilkan reaksi kimia elektrodanya dinamakan sel elektrolisis. Pada sel elektrolisis akan terjadi reaksi kimia bila kedalam sel itu diberi arus searah yaitu tenaga listrik diubah menjadi reaksi kimia. Dalam elektrolisis ion positif berpindah ke katoda sedangkan ion negatif ke anoda. Di anoda terjadi reaksi oksidasi, sedangkan di katoda akan terjadi reaksi reduksi.. Elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi yang disebut anoda.

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

2.4.5. Tembaga (Cu)

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

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

2.4.6. 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 $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 17H_2O]$ digunakan untuk pengolahan.
- 3. Alumunium dibuat katalis. (Sawyer, 1978)

2.5. 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.

2.6. Arus Listrik

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

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

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

Satuan MKS dari arus adalah 1 coulomb per detik disebut 1 ampere. Banyak zat yang dihasilkan dari reaksi elektrokoagulasi sebanding dengan banyaknya arus listrik yang dialirkan ke dalam larutan.

Hal ini dapat digambarkan dengan hukum Faraday I :

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

Dimana :

W = massa zat yang dihasilkan

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

I = arus dalam ampere

t = waktu dalam satuan detik

F = tetapan Faraday dimana 1 faraday = 96500 coulomb

$i \times t$ = arus dalam satuan coulomb

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

$\frac{W}{e}$ = gram ekivalen (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 :

$$W = \frac{e \cdot i \cdot t}{F}$$

Dimana :

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

2.7. Hipotesa

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

1. Variasi waktu kontak, kuat arus dan variasi dosis tawas berpengaruh terhadap tingkat penurunan kadar besi (Fe) dalam proses elektrokoagulasi pada lindi.
2. Variasi waktu kontak, kuat arus dan variasi dosis tawas berpengaruh terhadap efisiensi penurunan kadar besi (Fe) pada lindi.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel yaitu di tempat pembuangan akhir (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.

3.2. Obyek Penelitian

Lindi yang diambil dari tempat pembuangan akhir (TPA) Kota Yogyakarta terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Sebagai obyek penelitiannya adalah besi (Fe).

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. Tegangan pada saat peristiwa elektrokoagulasi adalah 10 volt.
 - c. Variasi waktu pengolahan yaitu 0 menit, 25 menit, 50 menit, 75 menit, dan 100 menit.
 - d. Koagulan tawas dengan dosis 15000 ppm dan 20000 ppm.

2. Variabel terikat (*dependent Variable*)

Kadar Besi (Fe) dalam lindi tempat pembuangan akhir sampah (TPA) Piyungan Yogyakarta.

3.5. Tahap Pelaksanaan Percobaan

3.5.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari lindi yang diambil dari tempat pembuangan akhir sampah (TPA) Piyungan Yogyakarta.

3.5.2. Alat yang digunakan dalam penelitian

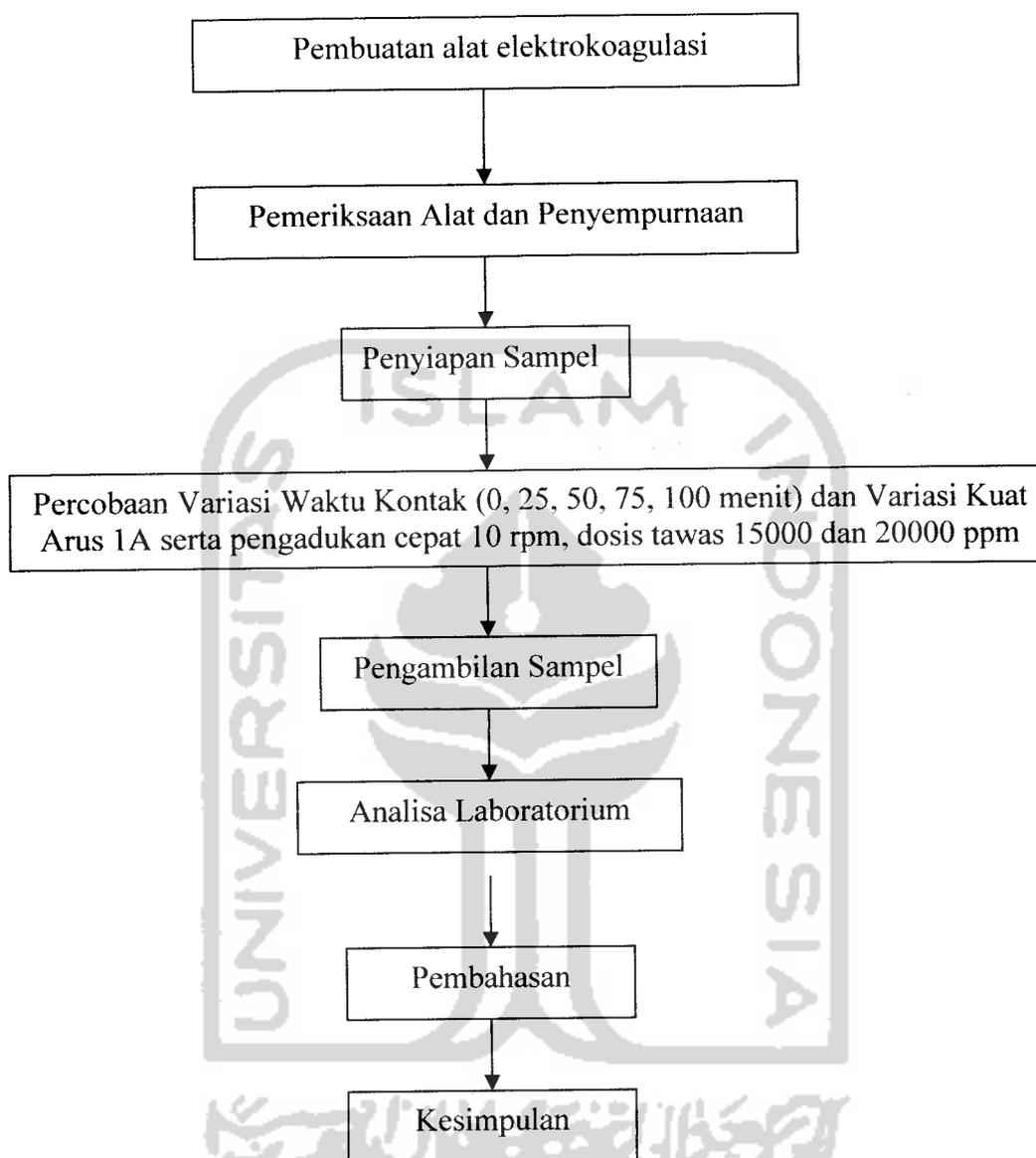
1. Bak penampung air baku elektrokoagulasi
2. Bak elektrokoagulasi
3. Stopwatch.
4. Gelas ukur 1000 ml.
5. Jerigen 20 liter dan jerigen 10 liter.

6. Adaptor 1A dan 5A.
7. Batangan tembaga.
8. Batangan aluminium
9. Multimeter
10. Pipet 25 ml
11. Karet Hisap
12. Gayung



3.6. Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian adalah :



Gambar 3.1. 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 kontinu.

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

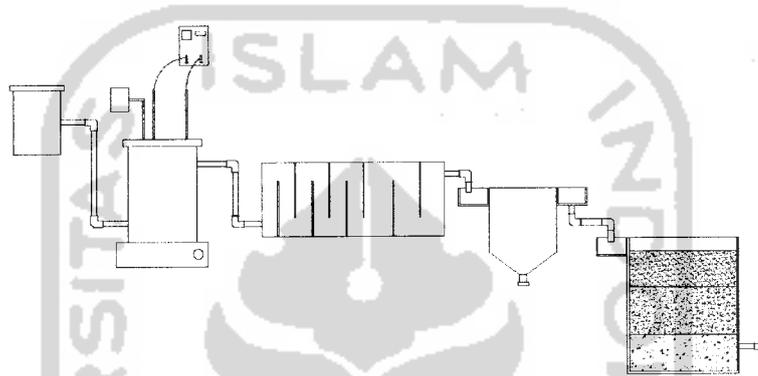
Dimensi bak terdiri dari panjang 40 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Bak ini terbuat dari fiber glass dengan tebal 0,3 cm.

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 3.2. 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 konsentrasi besi (Fe).

3.8. Analisis Data

Lindi dari TPA tersebut sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi dengan menggunakan alat spektrofotometrik kemudian dibandingkan, dari hasil analisis akan dapat diketahui berapa besar penurunan kadar besi (Fe), setelah dilakukan pengolahan dengan metode elektrokoagulasi. Tingkat efisiensi proses elektrokoagulasi dinyatakan dengan nilai sebelum dan sesudah proses, seperti rumus dibawah ini.

Perhitungan efisiensi :

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

Dimana :

E = Efisiensi

S_1 = konsentrasi besi (Fe) sebelum *treatment*

S_2 = konsentrasi besi (Fe) sesudah *treatment*

BAB IV

PRA STUDI

4.1. Desain Alat

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

4.1.1. 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 agen-agen pencemar yang mana nantinya pencemar ini 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. Bak 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 cepat, yang mana di bawahnya diletakkan *magnetic steer barr*, kemudian di dalam bak tersebut dimasukkan *steer barr* sebagai pengaduknya. Pengadukan dilakukan dengan kecepatan 10 rpm.

4.1.2. 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 hf yang diperlukan sebagai energi untuk proses. Selain itu pada flokulator

hidrolis, perbedaan kecepatan aliran yang terjadi pada bagian tepi dan tengah reaktor sangat besar, sehingga seringkali flok yang terjadi pecah kembali.

Bak ini bertujuan menghasilkan gerakan air yang mendorong kontak antar partikel tanpa menyebabkan pecahnya gabungan partikel yang telah terbentuk ini bisa tercapai bila energi hidrolis yang diharapkan cukup kecil. Flokulator jenis ini umumnya dibuat secara seri seiring penurunan nilai G agar diperoleh pencampuran sempurna, yaitu partikel dapat saling berkontak, sehingga diperoleh hasil akhir yang memuaskan. Jumlah sekat dalam bak flokulator ini (aliran vertikal), ditentukan dengan rumus berikut :

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

Dimana : W = lebar bak (m)

L = panjang bak flokulator (m)

G = konstanta gravitasi (9,81 m/det²)

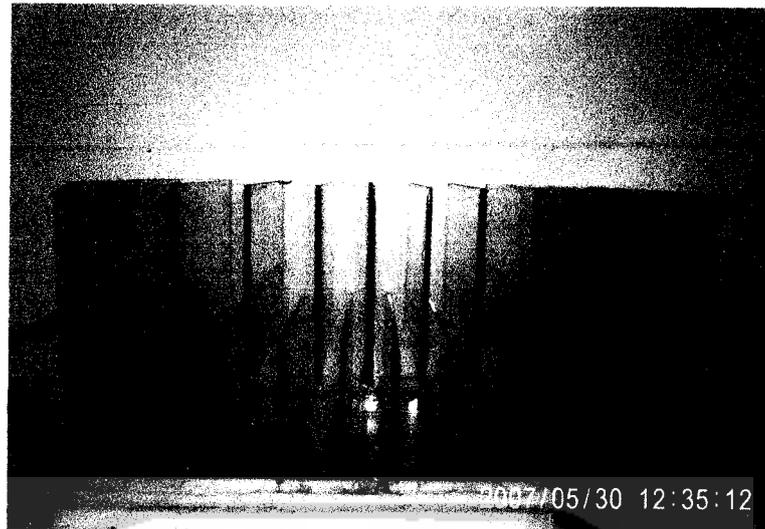
Q = debit aliran (m³/det)

μ = viskositas absolut (kg/m.det)

ρ = berat jenis air (kg/m³)

f = koefisien gesek sekat

t = waktu flokulasi (det)



Gambar 4.2. Bak *baffle channel flocculator*

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

4.1.3. Bak Sedimentasi

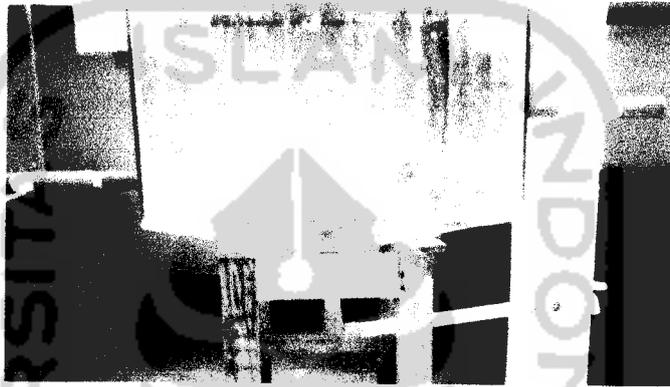
Pada umumnya, sedimentasi digunakan juga pada pengolahan air limbah selain tentunya juga pada pengolahan air minum. Pada penelitian ini digunakan sedimentasi tipe II, yang mana selama dalam operasi pengendapannya, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat.

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.

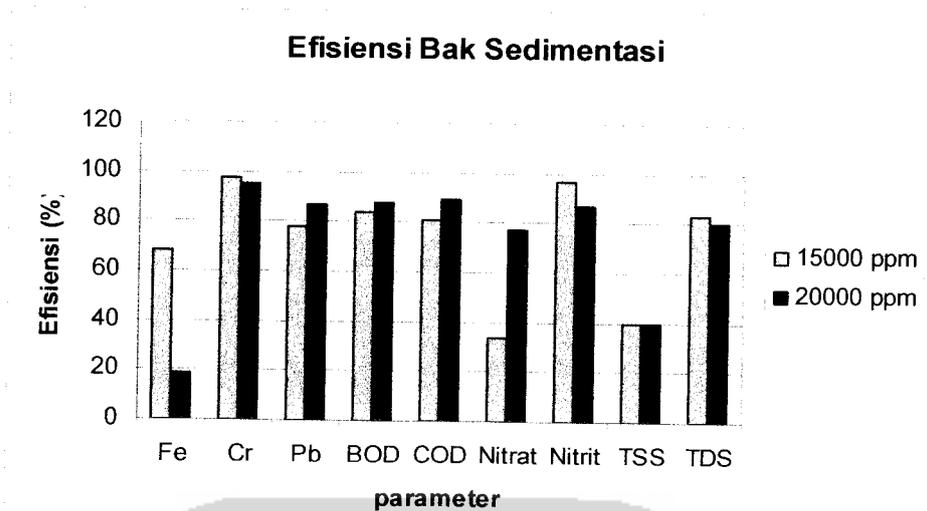
Bak sedimentasi tipe II ini bertujuan untuk mengendapkan partikel hasil proses koagulasi-flokulasi pada pengolahan air limbah.



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

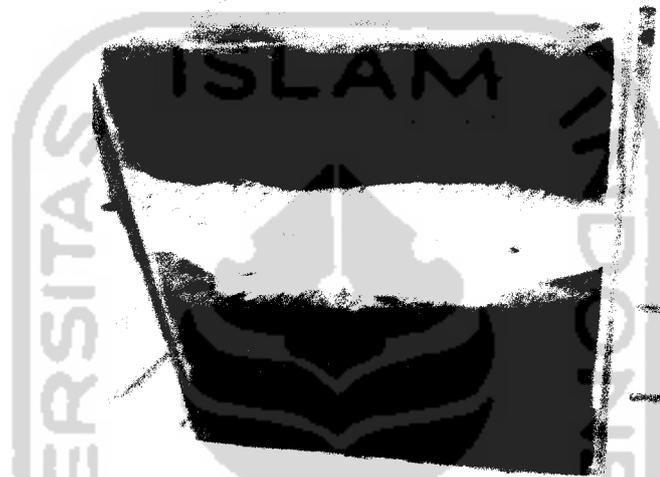
Pada gambar 4.4 Efisiensi dari bak ini yang umumnya berkisar antara 40-90%, dapat dilihat pada parameter BOD dan TSS sebagai contohnya besar efisiensi pada bak ini adalah 88% dan 40 %. Penurunan BOD ini tidak semata dipengaruhi oleh bak ini tetapi penambahan koagulan serta proses elektrokoagulasi juga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

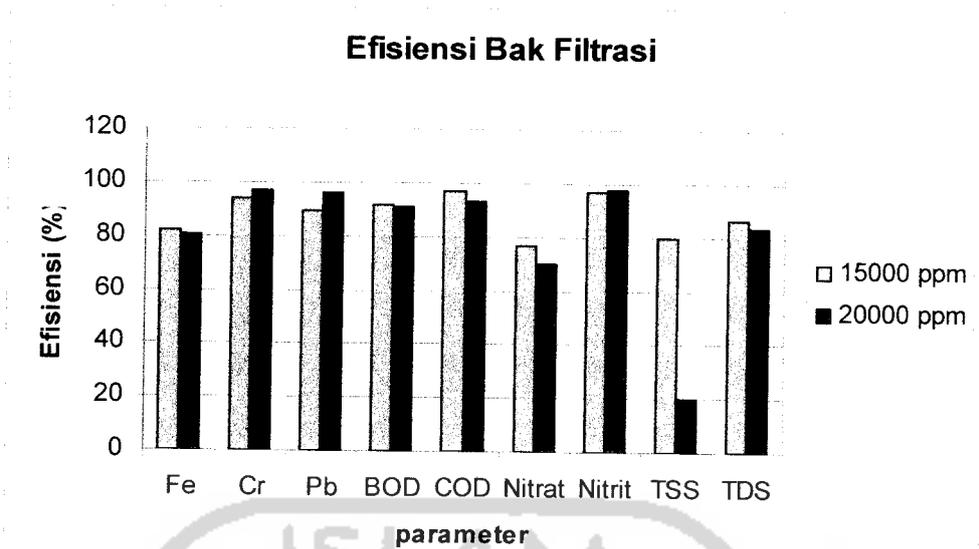
4.1.4. Bak Filtrasi

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 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 Qasim, *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 %.

4.2. Percobaan Awal

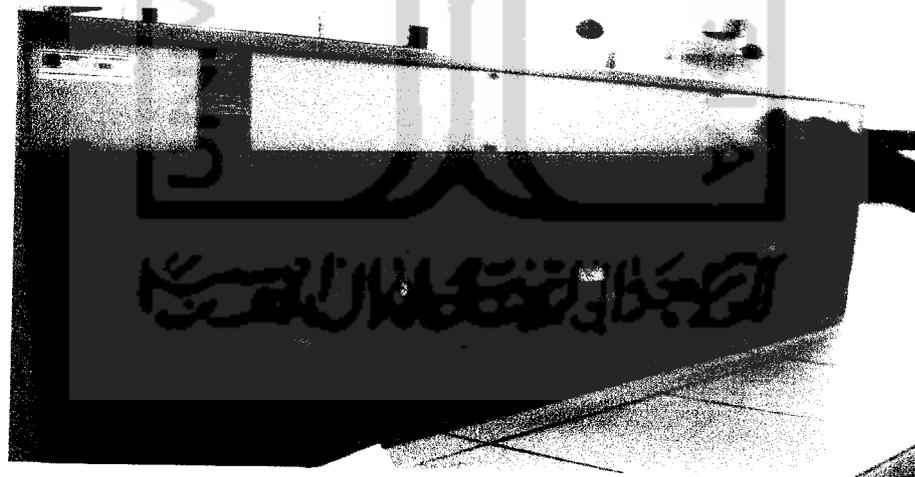
Ada beberapa hal yang dilakukan sebelum melakukan penelitian sesungguhnya. Pada penelitian ini dilakukan penelitian awal, hal ini dilakukan untuk mengetahui jenis dan dosis koagulan, batangan elektroda dan waktu kontak yang tepat.

4.2.1. 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.

4.2.1.1. *Jar Test*

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



Gambar 4.7. Percobaan *jar test*

1. Tawas (Al_2SO_4)
2. Ferro Sulfat
3. Ferro Sulfat + Kapur Tohor

1. Tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

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 4.8. 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 4.9. 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 4.10. 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	Jar Test		
	Tawas (Al_2SO_4) ₃	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

4.2.1.2. 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 4.11. 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 dimasukkan ke dalam *beaker glass* 1000 ml. Setelah itu letakkan diatas *magnetic stirr bar* kemudian masukan *stirr bar* ke dalam *beaker glass*. Celupkan batangan alumunium ke dalam *beaker glass*. Batangan alumunium satu disambungkan ke kutub positif adaptor sebagai anoda dan satu batang alumunium lainnya disambungkan ke kutub negatif adaptor sebagai katoda. Setelah semua siap, dimasukkan 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 alumunium ke dalam *beaker glass*. Batangan alumunium satu disambungkan ke kutub positif adaptor sebagai anoda dan satu batang alumunium 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 4.12. 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 alumunium 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" (Beagles, 2004).

Tabel 4.2. Tabel percobaan elektrokoagulasi dengan variasi dosis tawas

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

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

4.2.2. 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*” (Beagles, 2004). Pada penelitian ini digunakan variasi batangan tembaga sebagai kutub positif (anoda), dan batangan aluminium sebagai kutub negatif (katoda).



Gambar 4.13. Batangan anoda dari tembaga dan katoda dari aluminium

4.2.3. 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 Pendukung

4.3.1. pH

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

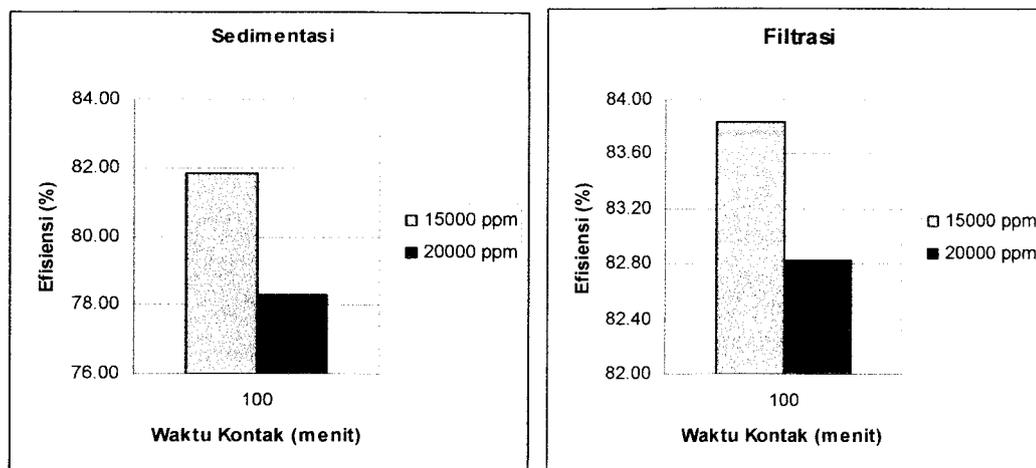
Pada tabel 4.3, pH mengalami penurunan dari 8 menjadi 7. pH ini sangat berpengaruh besar dengan parameter lain seperti logam berat, COD, BOD, nitrat, nitrit, DO dan lain-lain. Salah satu contoh pengaruh pH adalah perubahan logam

berat, ion Fe^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{2+} akan mengalami oksidasi menjadi Fe^{3+} , Pb^{3+} , Cr^{3+} . pH juga berpengaruh besar terhadap COD, bila dalam keadaan asam COD dapat mengoksidasikan semua zat organik menjadi CO_2 dan H_2O hampir sebesar 85% dan berpengaruh terhadap BOD juga karena jika pH asam maka BOD nya tinggi.

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

4.3.2. Daya Hantar Listrik (DHL)

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

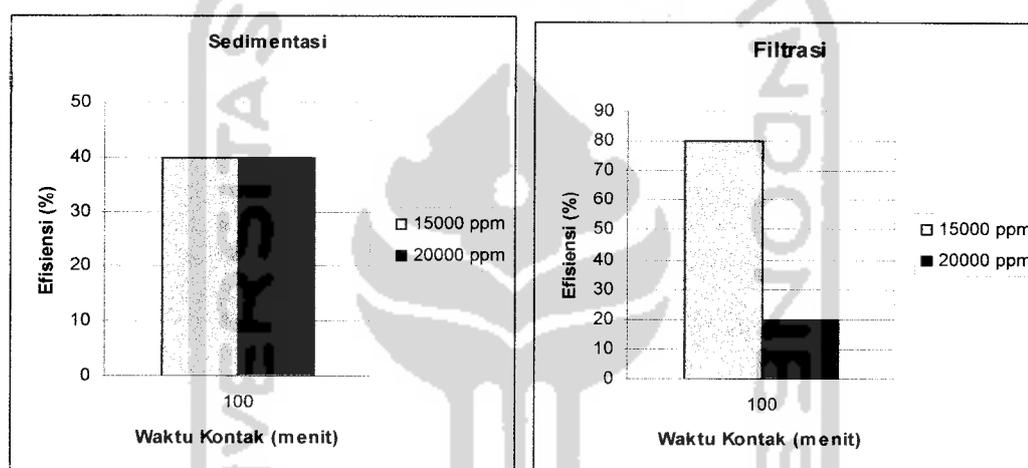


Gambar 4.14. Efisiensi DHL dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

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

4.3.3. 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 konsentasi TSS pada limbah pada dosis 15000 ppm dan 20000 ppm dibawah batas maksimal sesuai dengan SK Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 281/KPTS/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Propinsi DIY yaitu sebesar 200 ppm.



Gambar 4.15. 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 seperti terlihat pada gambar 4.15. Hal ini diakibatkan karena pada dosis tawas 15000 ppm kondisi bak filtrasi bersih karena media pasirnya sudah dicuci bersih. Sedangkan pada dosis tawas 20000 ppm, walaupun bak filtrasi sudah di *backwash*, tetapi karena dibak sedimentasi aliran yang terbentuk turbulen, sehingga flok-flok yang sudah terbentuk di bak tersebut pecah, dan mengalir ke bak filtrasi, seiring dengan waktu kontak yang semakin lama, maka endapan flok-flok tersebut semakin menumpuk dan menutup media pasir sebagai media paling atas pada bak filtrasi ini.

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 atau diameter partikel-partikel tersebut.

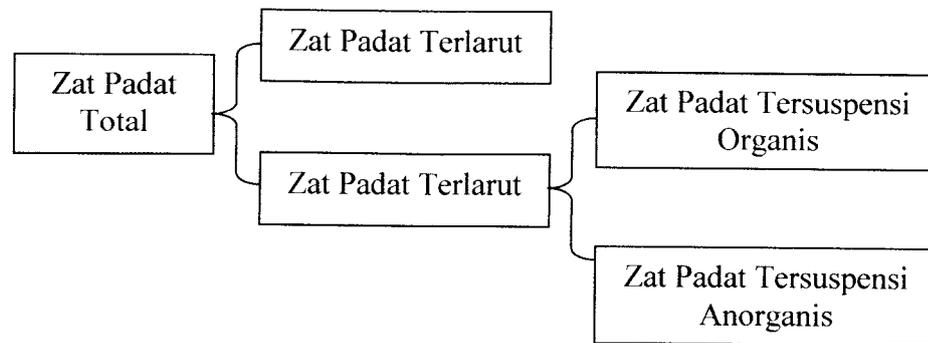
Analisa zat padat dalam air, sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan data dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya

sebagai partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi).

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

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



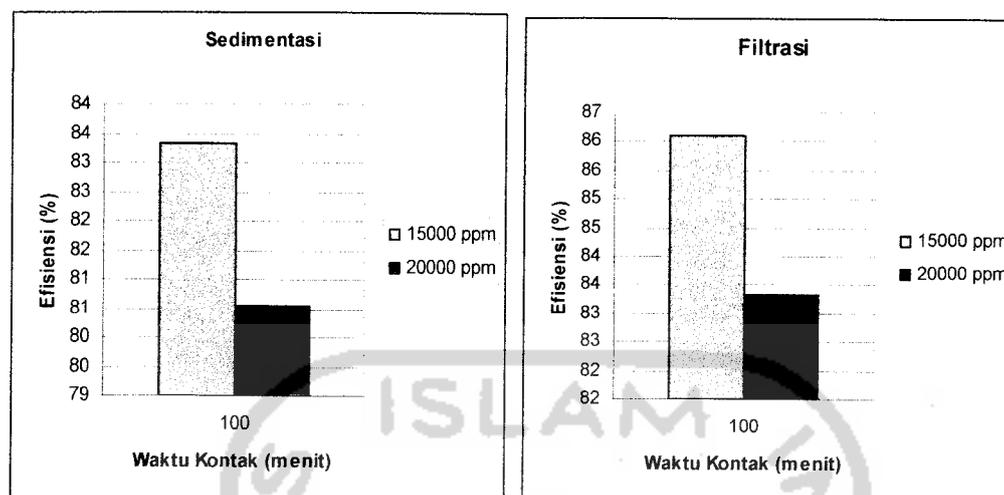
Gambar 4.16. Skema Zat Padat Total

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

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

Padatan terlarut total (*Total Dissolved Solids*) adalah bahan-bahan terlarut (diameter $> 10^{-6}$ mm) dan koloid (diameter $> 10^{-6} - 10^{-3}$ mm) yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain, yang tidak tersaring pada kertas saring

berdiameter $0,45 \mu\text{m}$ (Rao dalam Effendi, 2003). TDS berhubungan erat dengan nilai DHL. Nilai DHL biasanya lebih besar dari nilai TDS.



Gambar 4.17 Efisiensi TDS dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

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 (Benny Chatib, 1990) dan juga karena adanya bahan-bahan yang tersuspensi yang termasuk koloid (Tchobanoglous, 1985). Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Black dan Christman (1979) ditemukan bahwa organik didalam air limbah adalah koloid yang bermuatan negatif.

Warna akibat suatu bahan terlarut atau tersuspensi dalam air, disamping adanya bahan pewarna tertentu yang kemungkinan mengandung logam berat. Warna air limbah menunjukkan kualitasnya, air limbah yang baru akan berwarna abu-abu, dan air limbah yang sudah basi atau busuk akan berwarna gelap (Mahida, 1984). Warna tertentu dapat menunjukkan adanya logam berat yang terkandung dalam air buangan (Linsley 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 adalah 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 mempengaruhi kecerahan dengan cara membatasi transmisi sinar matahari kedalamnya (Swingle, 1968).

◆ **Penggolongan zat warna**

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

1. Zat Warna Alam

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

A. Zat warna yang berasal dari tumbuhan

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

B. Zat warna yang berasal dari hewan

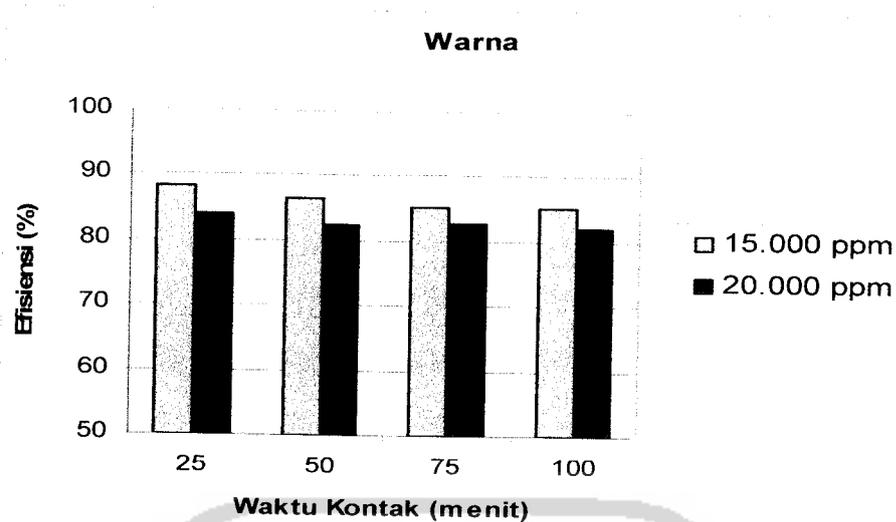
Jenis hewan yang biasa dijadikan zat warna misalnya : Kerang (Tyran Purple), Insekta (Coechikal) dan Insekta merah (Loe).

2. Zat Warna Sintesis

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

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

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 4.18. Variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Dari gambar 4.18 terlihat presentase 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, dan 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 1.000 ppm dan 611,85 PtCo pada 25 menit filtrasi dengan dosis tawas 20000 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. Santanniello (1971) menyatakan bahwa industri-industri yang mengeluarkan warna adalah kertas dan pulp, tekstil, petrokimia dan kimia.

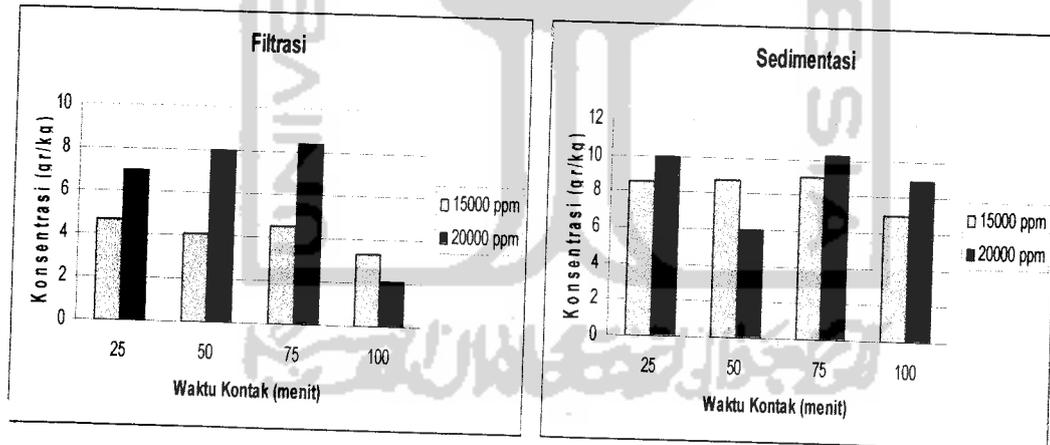
Warna juga dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis yang mengandung 50 warna. Air yang digunakan masyarakat umum diijinkan dengan kriteria bahwa air tersebut tidak lebih dari 75 unit warna (standar kobal-platinum), sedangkan yang disarankan tidak 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).

4.3.6 Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat di perairan (Boyd,1988). Salinitas (garam NaCl) menggambarkan padatan total di dalam air, setelah semua karbonat dikonversi menjadi oksida, semua bromida dan iodide 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 lindi yang terdapat pada tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan.



Gambar 4.19. 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 g/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 g/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 96,67 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 15000 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 20000 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

Tabel 4.3 Parameter pendukung

No.	Waktu Kontak	Parameter Pendukung							
		TDS	TSS	DHL / Tegangan	pH	DO	Suhu	Warna	Salinitas
1	Sampel Awal	0.36 ppm	0.05 ppm	0.198 S/m	8	96.67 ppm	27 °C	3800 PtCO	6,1 gr/kg
Koagulan tawas 15000 ppm									
2	25 mnt sedimentasi				7	8.7 ppm	26 °C	1191 PtCO	8,6 gr/kg
3	50 mnt sedimentasi				7	6.4 ppm	26 °C	1414 PtCO	8,7 gr/kg
4	75 mnt sedimentasi				7	7.9 ppm	27 °C	1418 PtCO	9,0 gr/kg
5	100 mnt sedimentasi	0.06 ppm	0.03 ppm	0.036 S/m	7	6.4 ppm	27 °C	1285 PtCO	7,0 gr/kg
6	25 mnt filtrasi				7	7.4 ppm	27 °C	453 PtCO	4,7 gr/kg
7	50 mnt filtrasi				7	7.2 ppm	27.5 °C	514 PtCO	4,1 gr/kg
8	75 mnt filtrasi				7	6.2 ppm	27.5 °C	561 PtCO	4,5 gr/kg
9	100 mnt filtrasi	0.05 ppm	0.01 ppm	0.03 S/m	7	6.2 ppm	28 °C	563 PtCO	3,3 gr/kg
Koagulan tawas 20000 ppm									
10	25 mnt sedimentasi				7	13.4 pmm	26 °C	907 PtCO	10 gr/kg
11	50 mnt sedimentasi				7	13.04 ppm	26 °C	1094 PtCO	6,0 gr/kg
12	75 mnt sedimentasi				7	9.7 ppm	26 °C	1032 PtCO	10,2 gr/kg
13	100 mnt sedimentasi	0.07 ppm	0.03 ppm	0.04 S/m	7	9.4 ppm	27 °C	1136 PtCO	8,9 gr/kg
14	25 mnt filtrasi				7	10.2 ppm	27 °C	612 PtCO	7,0 gr/kg
15	50 mnt filtrasi				7	9.4 ppm	27 °C	665 PtCO	8,0 gr/kg
16	75 mnt filtrasi				7	9.7 ppm	27 °C	655 PtCO	8,4 gr/kg
17	100 mnt filtrasi	0.06 ppm	0.04 ppm	0.03 S/m	7	8.1 ppm	27 °C	675 PtCO	2,1 gr/kg

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Penelitian Lindi TPA Piyungan

Lindi mengandung berbagai unsur berbahaya bagi kesehatan lingkungan yang diantaranya adalah besi, dimana sumber pencemaran logam besi (Fe) ini antara lain : bekas buangan industri pelapisan, industri percetakan, sisa- sisa cat, batu baterai dan lain sebagainya sehingga lindi dapat menimbulkan bau tidak sedap dan air menjadi berwarna coklat. Kandungan besi (Fe) pada lindi sampel awal yang diambil dari lokasi tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan. konsentrasi besi (Fe) yang dihasilkan sangat tinggi yang melebihi ambang batas yaitu 19,205 mg/l. Sesuai S.K. Gub DIY No: 281/KPTS/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi industri di DIY. Berdasarkan hasil pemeriksaan sampel dari tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan, diketahui kandungan besi (Fe) didalam lindi sebelum masuk ke kolam pengolahan memiliki nilai konsentrasi melebihi ambang batas yang diperbolehkan yaitu kadar maksimalnya 5 mg/l, maka perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu untuk memperbaiki kualitas sebelum lindi dibuang ke lingkungan. Warna kecoklatan pada lindi disebabkan oleh komponen utama yang terdapat pada lindi diantaranya adalah : zat organik, kalsium (Ca), besi (Fe), nitrit ($\text{Na}_3\text{-N}$), magnesium (Mg), trace metal seperti : mangan (Mn), timah hitam (Pb) serta komponen mikrobiologi yang merupakan partikel koloid bermuatan negatif dan sulit dipisahkan dari cairan karena

ukurannya sangat kecil dan mempunyai sifat muatan listrik pada permukaannya yang menyebabkan koloid ini stabil.

Dalam penelitian menggunakan proses elektrokoagulasi dengan harapan air hasil pengolahan dapat memenuhi standar kualitas air. Lindi yang diambil dari tempat pembuangan akhir sampah (TPA) Piyungan kemudian masukkan kedalam bak penampung yang bertujuan untuk menghomogen air limbah lindi yang akan diproses, selain itu juga untuk menampung air limbah sampai mencapai debit yang cukup untuk melakukan pengolahan lindi. Selanjutnya lindi dari bak penampung dialirkan kedalam bak elektrokoagulasi. Pada proses elektrokoagulasi tersebut menggunakan katoda dari batangan alumunium dan anoda menggunakan batangan tembaga. Dalam penelitian ini juga menggunakan koagulan tawas. Tawas atau Alumunium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) merupakan salah satu jenis koagulan yang biasa digunakan dalam proses koagulasi. Didalam alumunium sulfat terjadi reaksi :

- a. Reaksi penguraian (Disosiasi)



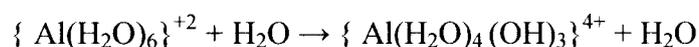
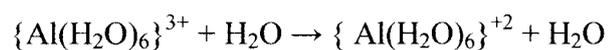
Al^{3+} berperan sebagai elektrolit positif pada destabilisasi koloid sehingga Al^{3+} akan terdifusi didalam koloid membentuk adanya muatan didalam koloid tersebut.

- b. Reaksi hidrolisa



Al_2SO_4 merupakan presipitasi atau endapan halus yang membentuk inti flok.

- c. Reaksi Polimerisasi Ion Kompleks



$\{Al(H_2O)_4(OH)_3\}^{4+}$ merupakan jembatan antar partikel.

Ion Al^{3+} berperan sebagai elektrolit positif dalam destilisasi partikel koloid.

Senyawa dalam bentuk $Al(OH)_3$ dalam bentuk presipitat berfungsi sebagai inti jonjot, sedangkan ion kompleks $\{Al(H_2O)_4(OH)_3\}^{4+}$ akan berfungsi sebagai jembatan antar partikel.

Tujuan dalam penambahan tawas ini dimaksudkan untuk menurunkan kandungan TSS, kekeruhan dan warna. Aerator juga digunakan pada penelitian ini yang berguna sebagai penyuplai oksigen, yang mana juga diharapkan dari aerator ini terjadi penurunan pH. Elektrokoagulasi mempunyai kemampuan untuk memecah senyawa-senyawa stabil, yang pada kondisi tidak stabil senyawa ini akan kembali terbentuk ikatan-ikatan senyawa yang lebih stabil. Ikatan senyawa tersebut akan membentuk flok-flok pada bak *Baffle Chanell Flocculator* yang bertujuan untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel berukuran besar yang kemudian akan terendap.

Setelah air limbah lindi dialirkan kedalam bak *Baffle Chanell Flocculator* kemudian dialirkan kedalam bak sedimentasi yang berfungsi sebagai bak pengendap flok hasil koagulasi-flokulasi, selanjutnya digunakan bak filtrasi yang berfungsi untuk menyaring air hasil dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi.

Hal ini diharapkan agar lindi tidak menyebabkan pencemaran bagi lingkungan, antara lain adalah penurunan kualitas air tanah disekitar tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan.

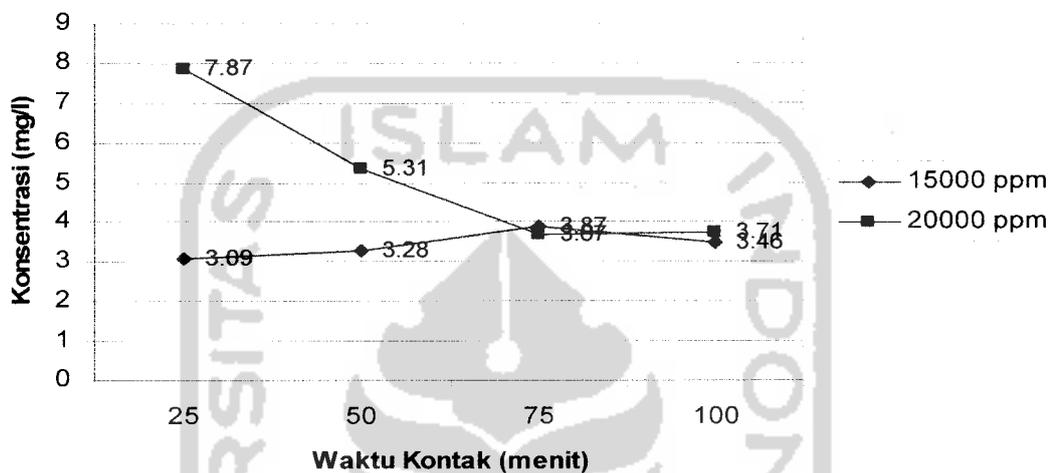
5.2. Variasi Dosis Koagulan dan Waktu Kontak

Hasil dari data karakteristik penurunan besi (efisiensi elektrokoagulasi) dalam limbah pada berbagai waktu proses elektrokoagulasi. Dalam penelitian ini menggunakan koagulan tawas, karena dengan melalui berbagai percobaan awal dapat disimpulkan bahwa koagulan CaOH, Ferro sulfat, koagulan tersebut hasilnya kurang maksimal maka digunakan koagulan tawas di dalam proses elektrokoagulasi.

Pembubuhan koagulan tawas cukup efektif untuk menurunkan kadar besi (Fe) dan kekeruhan yang disebabkan karena adanya ion-ion yang bermuatan berlawanan (bahan koagulan yang dimasukkan) dengan pencemar (koloid). Penambahan ion-ion dengan bermuatan berlawanan ini menimbulkan destabilisasi koloid. Gaya tarik-menarik antar partikel bekerja sama dengan baik. Partikel-partikel tersebut saling berikatan membentuk gumpalan yang disebut mikro flok., selanjutnya mengalami aglomerasi sehingga membentuk makro flok yang dengan mudah dapat mengendap. Proses aglomerasi terjadi antar mikro flok dan terbentuk makro flok sehingga memudahkan pengendapan. Koagulan tawas untuk lindi pembubuhan koagulannya menggunakan variasi dosis yang memberikan hasil lebih bagus dibandingkan koagulan yang lainnya yang berupa warna secara visual lebih jernih, walaupun waktu pengendapannya lebih lama dibandingkan koagulan lain.

Berdasarkan waktu kontak 25, 50, 75, dan 100 menit dengan variasi dosis tawas sebesar 15000 ppm dan 20000 ppm, terlihat kecenderungan bahwa makin lama waktu kontak maka makin terjadi fluktuasi efisiensi konsentrasi pada besi. Hal ini bisa dijelaskan bahwa, makin lama waktu kontak, maka kecenderungan anoda yaitu pada logam tembaga lama-kelamaan akan habis karena terkorosi terus-menerus akibat

proses oksidasi, ini berpengaruh terhadap efisiensi besi dan dosis tawas disini bervariasi yaitu sebesar 15000 ppm dan 20000 ppm. Dosis yaitu 15000 ppm dan 20000 ppm yang disertai variasi waktu kontak yaitu 25 menit, 50 menit, 75 menit, 100 menit. Hasil penurunan konsentrasi besi (Fe) pada lindi tersebut dapat dilihat dalam grafik :



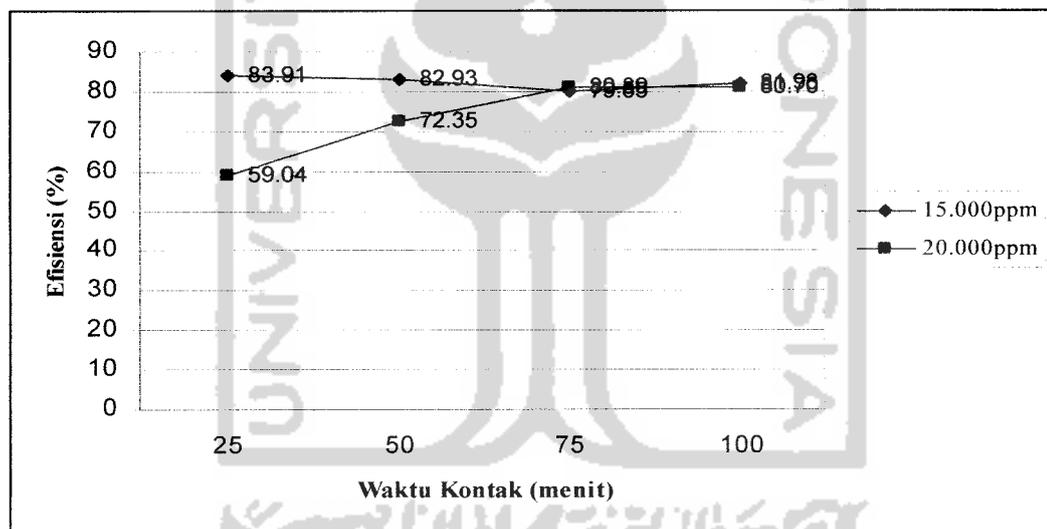
Gambar 5.1. Penurunan konsentrasi besi (Fe) dengan dosis tawas 15000 ppm dan dosis tawas 20000 ppm menggunakan proses elektrokoagulasi

Berdasarkan grafik diatas maka dapat dilihat terjadinya penurunan konsentrasi besi (Fe) dengan dosis tawas 15000 ppm, terjadi penurunan konsentrasi besi (Fe) di menit ke-25. Pada menit ke-50 sampai pada menit ke-75 terjadi kenaikan konsentrasi besi (Fe), dan terjadi penurunan konsentrasi besi (Fe) lagi pada menit ke-100 sebesar 81,98%. Kuat arus dan tegangan berpengaruh pada hasil konsentrasi setelah di elektrokoagulasi. Semakin tinggi kuat arus disertai dengan peningkatan tegangan sehingga dapat memicu naiknya suhu dan berubahnya pH air. Suhu yang awalnya

suhu normal 27°C pada saat mengalami elektrokoagulasi meningkat dengan suhu rata-rata sebesar 30°C . pH air awalnya adalah 8 pada saat mengalami proses elektrokoagulasi menurun menjadi 6 - 7.

Penurunan dan kenaikan konsentrasi besi (Fe) dengan dosis tawas 20000 ppm. Pada menit ke-25 sampai pada menit ke-100 terjadi penurunan nilai konsentrasi besi (Fe) sebesar 80,70%. Hal ini menunjukkan bahwa pada proses elektrokoagulasi dapat menurunkan konsentrasi besi (Fe).

Dari serangkaian proses pengolahan yang dilakukan, berikut ini hasil efisiensi konsentrasi besi dengan dosis tawas 15000 ppm dan 20000 ppm terhadap waktu kontak :



Gambar 5.2. Efisiensi besi (Fe) pada dosis tawas 15000 ppm dan 20000 ppm

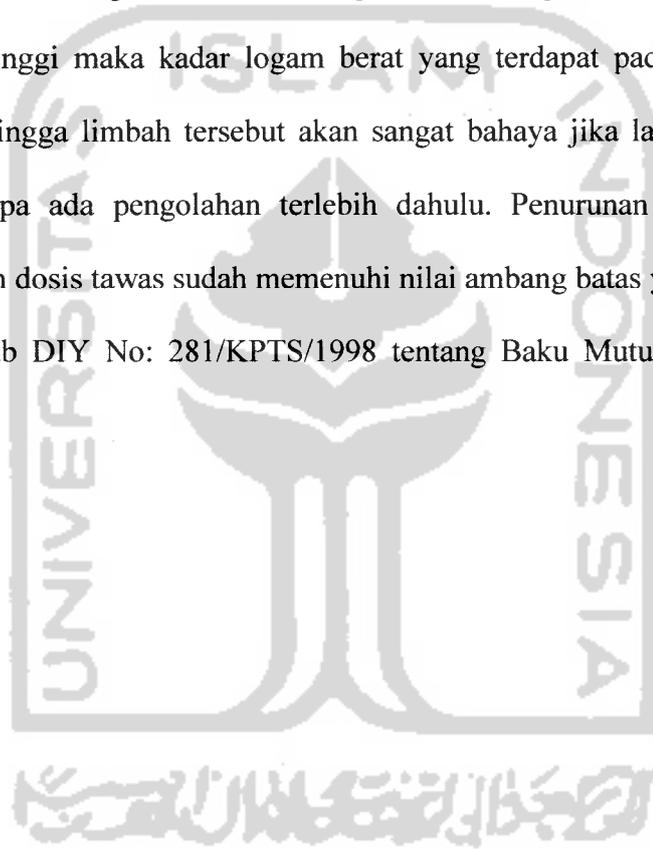
Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat pada dosis tawas 15000 ppm efisiensi besi (Fe) pada waktu kontak 100 menit dan pada waktu kontak 75 menit mempunyai nilai yang tidak signifikan karena pada waktu kontak 75 menit efisiensinya yaitu

79,85% dan pada waktu kontak 100 menit yaitu 81,98%. Pada waktu kontak 75 menit mengalami penurunan sedangkan pada waktu kontak 100 menit mengalami kenaikan yang disebabkan karena pada waktu dibak sedimentasi aliran yang terbentuk turbulen, sehingga flok-flok yang sudah terbentuk di bak tersebut pecah dan mengalir ke bak filtrasi, seiring dengan waktu kontak yang semakin lama, maka endapan flok-flok tersebut semakin menumpuk dan menutup media pasir sebagai media paling atas pada bak filtrasi. Jika terjadi keadaan tersebut maka bak filtrasi harus dicuci. Teknik pencucian pada bak filtrasi dapat dilakukan dengan menggunakan aliran balik (*back washing*), dengan kecepatan tertentu agar media filter terfluidisasi dan terjadi tumbukan antar media. Tumbukan antar media menyebabkan lepasnya kotoran yang menempel pada media, selanjutnya kotoran yang telah terkelupas akan terbawa bersama dengan aliran air.

Penggunaan dosis tawas 20000 ppm penurunan besi (Fe) pada waktu kontak 100 menit yaitu 80,70% dengan konsentrasi 3,70 mg/l. Dari penggunaan kedua dosis tawas tersebut efisiensi penurunan besi (Fe) paling kecil terjadi pada dosis tawas 20000 ppm dengan waktu kontak 100 menit yaitu efisiensi mencapai 59,04% dengan konsentrasi 7,86 mg/l.

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 27⁰C, begitu mengalami elektrokoagulasi meningkat dengan suhu rata-rata sebesar 30⁰C. pH air awal mempunyai pH 8 setelah mengalami proses elektrokoagulasi menjadi 6-7. Dari pengukuran pH dapat diketahui bahwa keadaan

limbah dalam reaktor relatif basa. Penggunaan dosis tawas berpengaruh terhadap penurunan TSS yang akan terjadi, jika nilai TSS tinggi maka nilai COD akan tinggi karena pada limbah yang memiliki kadar TSS yang tinggi akan sangat sulit ditemukannya oksigen karena sinar matahari tidak bisa menembus perairan ataupun limbah yang memiliki kadar kekeruhan yang tinggi sehingga mikroorganisme yang ada di dalam limbah tersebut tidak bisa melakukan proses fotosintesis dimana pada proses tersebut mikroorganisme akan menghasilkan oksigen. Jika kadar COD dalam suatu limbah tinggi maka kadar logam berat yang terdapat pada limbah maka akan tinggi pula sehingga limbah tersebut akan sangat berbahaya jika langsung dibuang ke lingkungan tanpa ada pengolahan terlebih dahulu. Penurunan dari setiap waktu pengadukan dan dosis tawas sudah memenuhi nilai ambang batas yang diijinkan yaitu sesuai S.K. Gub DIY No: 281/KPTS/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi industri di DIY.



5.3. Penurunan Konsentrasi Besi (Fe)

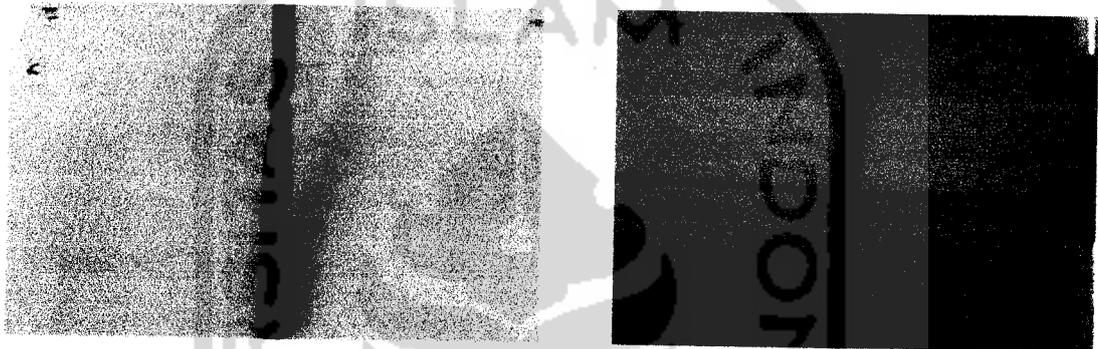
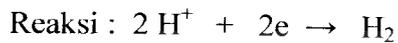
Dari berbagai sistem yang ada, didalam pengelolaan ini menggunakan pengolahan sistem elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi adalah suatu metode untuk mengurangi atau menurunkan logam-logam besi (Fe) dan partikel penyebab kekeruhan yang ada dalam air.

Proses elektrolisis adalah salah satu teknik untuk mereduksi ion-ion logam. Dengan cara ini, elektroda yang dialiri tegangan listrik dapat menangkap ion-ion logam berat yang bermuatan positif, sehingga dapat menurunkan kadar logam berat seperti besi dalam air limbah.

Apabila pada sel elektrolisis, katoda yang merupakan kutub negatif adalah aluminium dan anoda merupakan kutub positif adalah tembaga, yang tercelup dalam larutan elektrolit yang mengandung Fe^{2+} yang diterusi arus listrik searah, maka terjadilah proses elektrolisis. Selain itu ion logam yang dilepaskan dari anoda yaitu Fe^{3+} bereaksi dengan OH^- membentuk endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Arus listrik yang dialirkan melalui elektroda akan menimbulkan reaksi kimia, yaitu reaksi reduksi.

Dalam proses elektrokoagulasi melalui proses elektrolisis ini, terjadi oksidasi tembaga pada elektroda positif (anoda) sehingga menghasilkan koagulan ($\text{Cu}(\text{OH})_2$). Dalam proses ini juga terjadi reaksi pembentukan gas-gas H_2 dan O_2 . Proses elektrolisis pada katoda akan dihasilkan hidrogen dan reaksi reduksi ion logamnya, pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi ion sisa asamnya dan pengendapan flok-flok yang terbentuk. Karena dalam proses elektrokoagulasi ini menghasilkan gas yang berupa gelembung-gelembung gas maka kotoran-kotoran yang terbentuk yang ada

dalam air akan terangkat keatas permukaan air. Flok-flok yang terbentuk ternyata mempunyai ukuran-ukuran yang relatif kecil, maka flok-flok yang terbentuk lama-kelamaan akan bertambah besar ukurannya. Adapun reaksi yang terjadi reaksi pada katoda akan terjadi reaksi-reaksi reduksi terhadap kation (ion positif), yang termasuk dalam kation adalah ion H^+ dan ion logam. Ion H^+ akan direduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas.



Batangan Tembaga (anoda) yang terkorosi

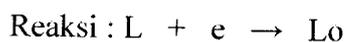
Batangan Alumunium (katoda)

Gambar 5.3. Batangan anoda dan katoda setelah melakukan proeses elektrokoagulasi

Ion-ion logam yang mempunyai harga potensial elektroda ($E > 0$) lebih kecil dari harga potensial elektroda air seperti logam alkali, alkali tanah, tidak dapat direduksi dari larutan, yang mengalami reaksi reduksi pada katoda adalah pelarut (air)



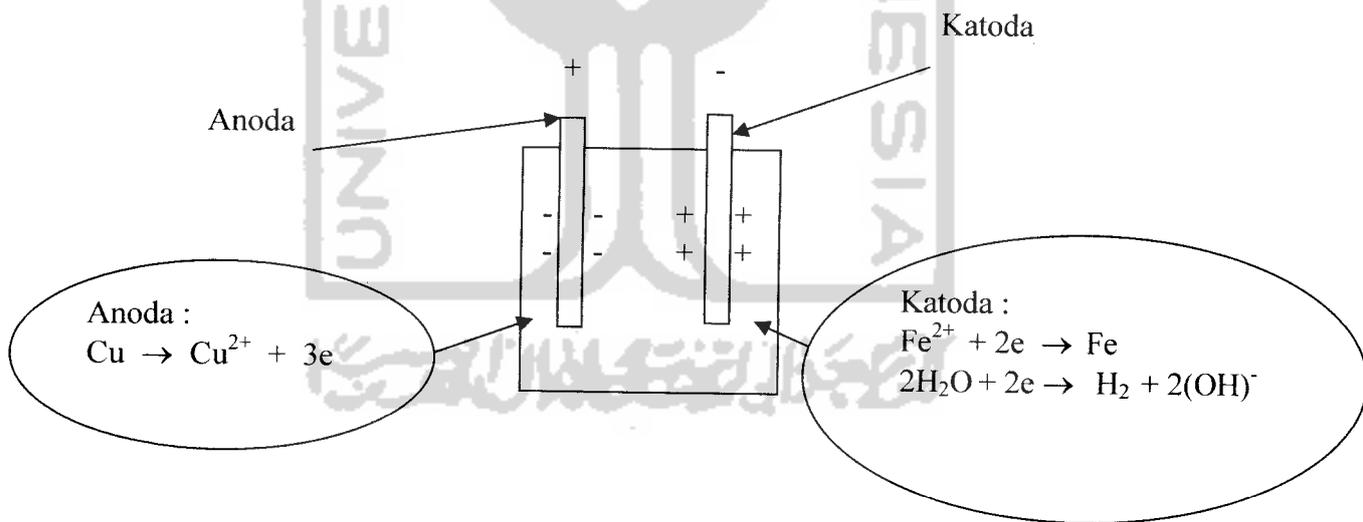
Ion-ion logam lainnya selain ion-ion logam diatas mengalami reaksi reduksi menjadi logamnya. Logam yang dihasilkan ini akan terdiposit pada batang katoda.



L = Logam

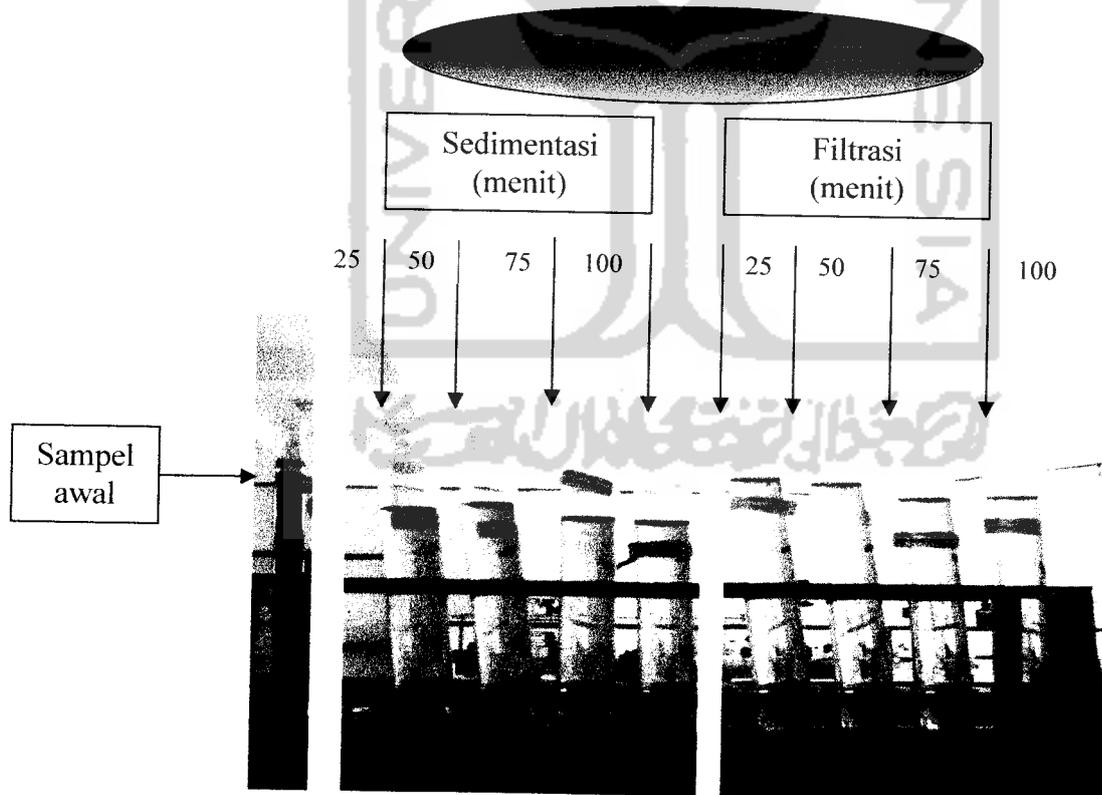
Elektroda merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik kedalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi reduksi oksidasi. Pemilihan elektroda dalam proses elektrokoagulasi ini didasarkan pada deret volta atau deret potensial redoks, karena dapat mempengaruhi proses elektrokoagulasi. Logam Cu sebagai elektroda positif dipilih karena logam Cu berada disamping kanan unsur H, sehingga logam Cu sukar mengalami oksidasi, sedangkan logam Al bila dibandingkan dengan deret volta berada disebelah kiri, ini berarti logam Al lebih mudah mengalami oksidasi, sehingga memiliki kekurangan dibandingkan dengan logam Cu.

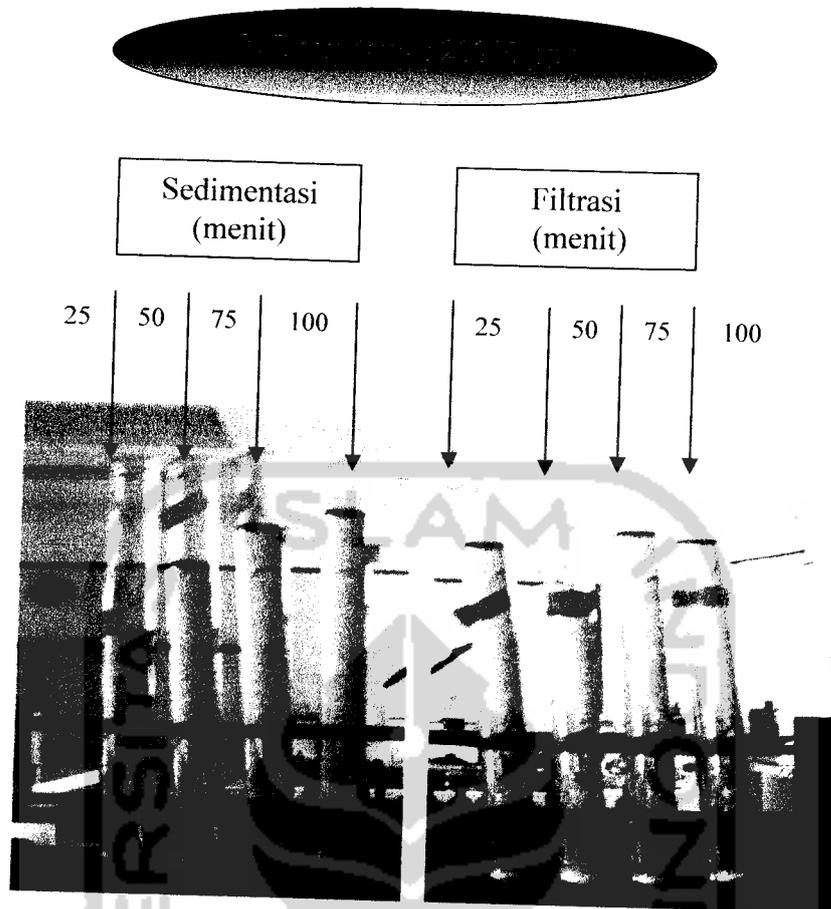
Proses elektrokoagulasi ini merupakan penggabungan proses elektrolisis dan proses koagulasi. Peristiwa elektrolisis ini bisa dilihat pada gambar :



Gambar 5.4. Proses reduksi-oksidasi pada peristiwa elektrokoagulasi

Menurut hukum Faraday menyebutkan bahwa massa zat yang menempel pada katoda sebanding dengan muatan listrik yang digunakan. Pada gambar diatas menunjukkan bahwa apabila dalam suatu larutan ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa dekomposisi elektrolit yaitu elektrolisa dengan ion positif bergerak ke katoda dan ion negatif bergerak ke anoda dan melepaskan elektron yaitu oksidasi. Proses elektrolisis ini adalah salah satu teknik untuk mereduksi ion-ion logam. Dengan cara ini, elektroda yang dialiri tegangan listrik dapat menangkap ion-ion logam berat yang bermuatan positif, sehingga dapat menurunkan kadar logam berat seperti besi yang ada didalam air limbah dan penambahan tawas dengan dosis yang tinggi juga berperan penting terhadap peningkatan efisiensi penurunan besi (Fe) maka semakin besar dosis tawas, peningkatan efisiensi konsentrasi besi (Fe) semakin tinggi.





Gambar 5.5. Lindi hasil proses elektrokoagulasi

a). Dosis tawas 15000 dan b). Dosis tawas 20000 ppm

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa dengan pengolahan menggunakan sistem elektrokoagulasi menghasilkan penurunan kandungan besi (Fe) sangat baik, dari hasil penelitian diperoleh 3,87 mg/l. Efisiensi besi (Fe) yang berubah-ubah juga dapat dipengaruhi oleh :

1. Kenaikan efisiensi besi (Fe) total ini dipengaruhi oleh koagulan yang dihasilkan dari batangan anoda yaitu ion-ion Cu yang terlepas akan menjadi ion Cu^{2+} ,

apabila berikatan dengan ion OH^- akan membentuk $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Senyawa $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ini berfungsi sebagai koagulan.

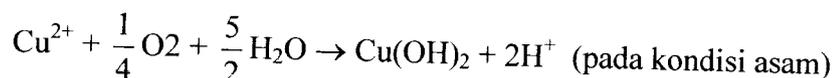
2. Turunnya efisiensi besi dipengaruhi oleh deret volta. Deret volta ini maka akan diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah berlangsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air) : K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, (H), Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au. Pada deret volta diatas, Cu berada disebelah kanan dari unsur H, ini artinya makin ke kanan letak suatu logam dalam deret volta, harga E° makin besar. Hal ini menunjukkan bahwa logam-logam disebelah kanan mudah mengalami reduksi serta sukar mengalami oksidasi.
3. Bila didasarkan pada peristiwa yang terjadi pada batangan tembaga, semakin lama waktu kontak maka batangan tembaga semakin lama semakin teroksidasi, terlihat bahwa konsentrasi besi yang turun, ini disebabkan karena batangan tembaga yang lama-kelamaan akan terus teroksidasi menyebabkan batangan tembaga tersebut mengalami korosi.

Proses yang terjadi pada proses elektrokoagulasi ini dapat dijabarkan dengan reaksi dibawah ini :

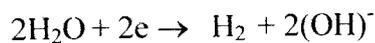
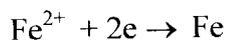
1. Pada permukaan elektroda positif (anoda)



2. Sekitar elektroda

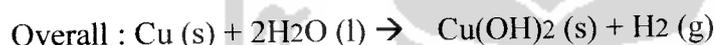
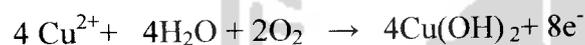
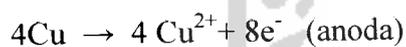


3. Pada permukaan elektroda negatif (katoda)

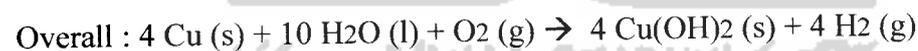
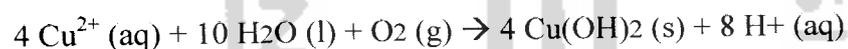
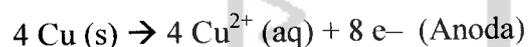


Proses elektrokoagulasi juga dapat membantu menurunkan COD, BOD, nitrat, nitrit, dan logam berat yaitu dengan pembentukan reaksi koagulasi dan flokulasi. Mekanisme pembentukan terjadi pada batangan anoda dan katoda dapat ditunjukkan pada reaksi sebagai berikut :

(1) Mechanism 1 :



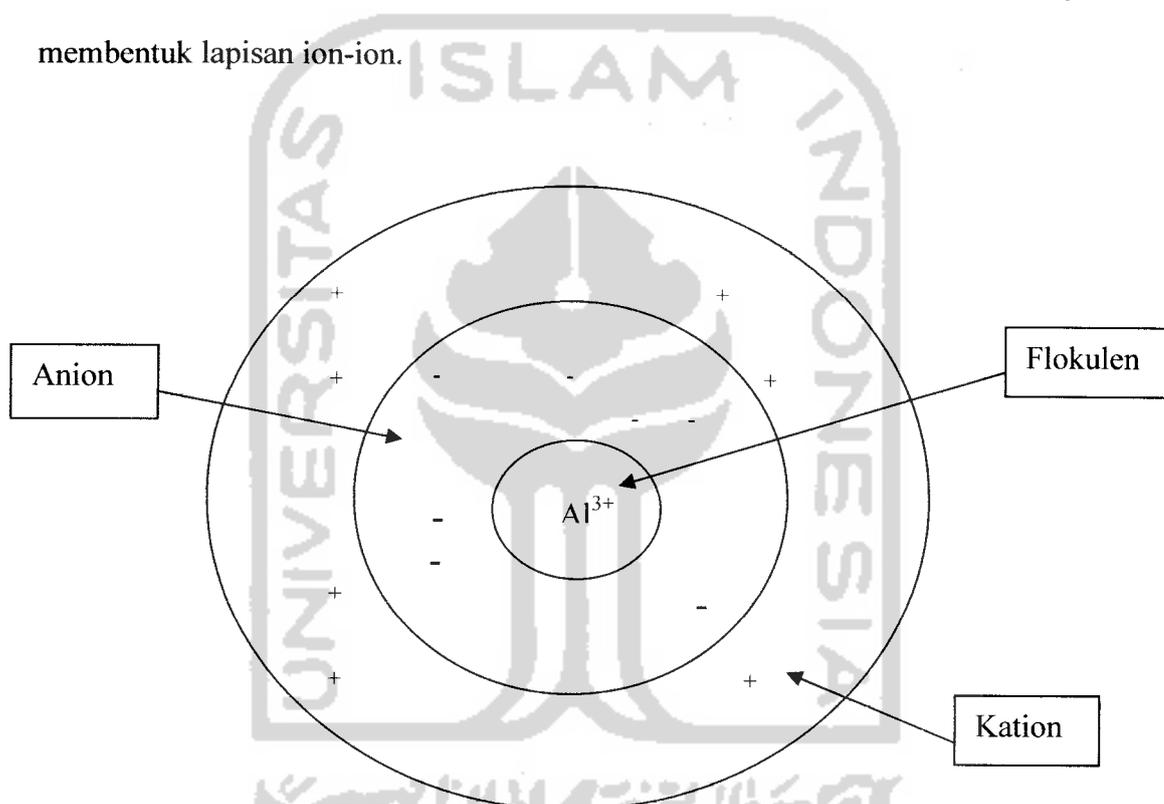
(2) Mechanism 2 :



Dari hasil reaksi di atas diketahui bahwa molekul-molekul yang ada pada limbah akan terbentuk menjadi flok dimana partikel-partikel koloid pada limbah bersifat *adsorpsi* (penyerapan) terhadap partikel atau ion atau senyawa yang lain yang ada pada limbah misalnya koloid $\text{Cu}(\text{OH})_2$ bermuatan positif karena permukaannya

menyerap ion H^+ . Prinsip proses yang terjadi pada kerja elektrokoagulasi secara umum sama seperti teori *double layer compression*.

Pada teori *double layer compression* (Pemanfaatan lapisan difusi) adalah kestabilan partikel koloid disebabkan oleh adanya lapisan bermuatan listrik pada permukaan partikel koloid, yang disebabkan oleh ionisasi atom, hidrasi molekul H_2O , 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.



Gambar 5.6. Lapisan difusi (*double layer compression*)

Keterangan :

(-) anion : antara lain : NO_3^- , CO_3^{2-} , COD, BOD, PO_4^{3-} , SO_4^{2-}

(+) kation : antara lain : Cd^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{3+} , Cr^{6+}

Salah satu jenis koagulan yang biasa digunakan dalam proses koagulasi adalah Aluminium sulfat atau tawas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Pada umumnya partikel koloid penyebab kekeruhan bersifat *hydrophobic* yang bermuatan negatif. Agar terjadi penggabungan diperlukan destabilisasi yang hanya dapat dicapai dengan penambahan elektrolit yang bermuatan positif, sehingga diharapkan gaya tolak menolak antar partikel dapat diperkecil. Selanjutnya diperlukan suatu gaya yang dapat memperkecil jarak antar partikel yaitu dengan mengadakan tumbukan antar partikel. Oleh karena itu dalam proses elektrokoagulasi diperlukan turbulensi yang cukup tinggi untuk meratakan koagulan ke seluruh bagian zat cair dan memungkinkan terbentuknya inti-inti flok.

Al^{3+} berperan sebagai elektrolit positif pada destabilisasi koloid sehingga Al^{3+} akan terdifusi didalam koloid membentuk adanya muatan didalam koloid tersebut. Pada lingkaran terdalam akan diisi oleh koagulan bermuatan negatif antara lain COD, BOD, nitran, nitrit dan akan menyerap ion-ion positif yang terletak pada lingkaran lebih luar, ion-ion lain yang terdapat pada limbah yang bermuatan positif yaitu logam berat seperti Fe^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{3+} , Cr^{6+} akan teradsorpsi oleh senyawa organik yang bermuatan negatif.

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

- a. Akan menimbulkan tenaga yang dapat mengalami usaha pendekatan antar partikel koloid yang bermuatan sama (gaya tolak menolak elektrostatik).

- b. Akan menimbulkan gaya tarik-menarik (*attractive force*) antar partikel, yang disebut sebagai gaya tarik-menarik *van der waals* yang disebabkan oleh tenaga kohensif atom tersebut.

Proses elektrokoagulasi dapat menurunkan konsentrasi besi (Fe). Hal ini dapat ditunjukkan pada waktu pengadukan terdapat proses aerasi yang bertujuan agar O₂ diudara dapat bereaksi dengan kation yang ada didalam air olahan. Tujuan aerasi ini yaitu menurunkan konsentrasi materi-materi penyebab rasa dan bau, menghilangkan senyawa-senyawa pengganggu, misalnya pada penghilangan hidrogen sulfida sebelum khlorinasi dan menghilangkan karbon dioksida sebelum pelunakan sehingga terjadi pengendapan yang disebabkan karena reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksigen logam yang sukar larut dalam air. Dalam proses elektrokoagulasi pada saat aerasi terjadi perubahan warna pada limbah dari warna hitam menjadi coklat berkarat, hal ini menunjukkan bahwa ion yang ada pada limbah tersebut tereduksi oleh Cu sehingga terjadi reaksi dibawah ini:



Reaksi diatas menunjukkan bahwa ion- ion yang ada di limbah akan terikat oleh oksigen menjadi senyawa (Fe₂O₃) dan flok yang sudah terbentuk akan menarik partikel-partikel yang dapat dibuat berkoagulasi atau berflokulasi yaitu saling mendekati dan membentuk gumpalan flok yang lebih besar yang akan mengendap dari dalam air limbah.

Proses elektrokoagulasi dari sel-sel elektrolis tembaga sebagai anoda kutub positif dan katoda sebagai alumunium kutub negatif yang dialiri arus listrik searah, adanya kuat arus, waktu kontak dan dosis koagulan berpengaruh terhadap penurunan

kadar besi (Fe) dalam lindi. Arus listrik yang ada di anoda akan terjadi reaksi oksidasi terhadap anion (ion negatif), anoda yang terbuat dari logam seperti tembaga akan mengalami reaksi oksidasi membentuk ion Cu^{2+} . Sebagian molekul yang kecil yang terdapat pada zat terlarut pada limbah akan ditangkap pada ion $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dan $\text{Al}(\text{OH})_3$. Flok-flok dari besi (Fe) yang terlarut lama kelamaan menjadi besar dan mudah mengendap sebelum dilakukan proses filtrasi. Dari Hasil penelitian diperoleh konsentrasi besi yaitu 3,87 mg/l. Penurunan yang terjadi pada konsentrasi besi sudah memenuhi nilai ambang batas yang diijinkan yaitu sesuai S.K. Gub DIY No: 281/KPTS/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi industri di DIY.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

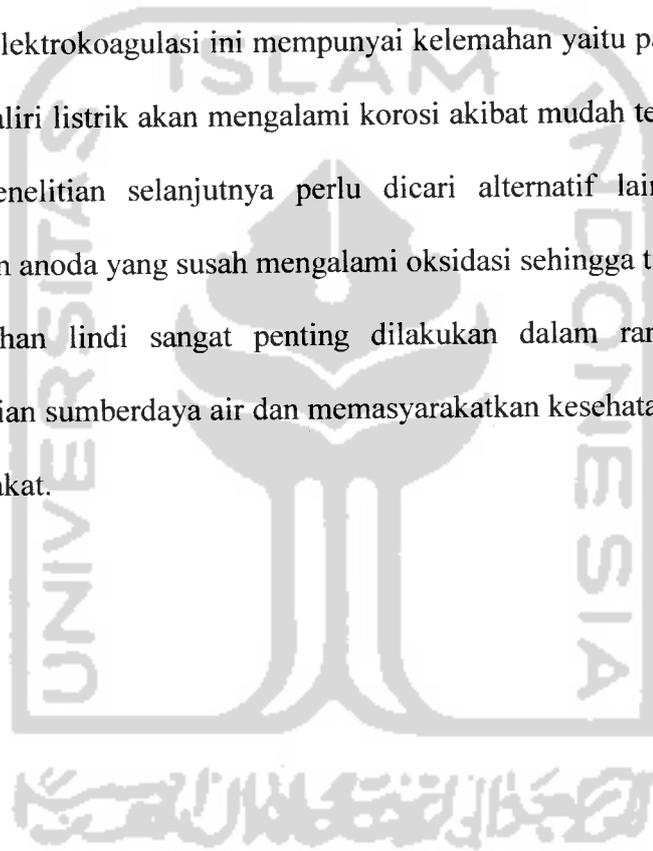
Dari hasil penelitian yang dilakukan pada lindi yang diambil dari lokasi tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengolahan dengan proses elektrokoagulasi mempunyai pengaruh terhadap konsentrasi besi (Fe) lindi, karena konsentrasi besi semakin menurun dengan berbagai variasi dosis 15000 ppm dan 20000 ppm dan waktu kontak 25, 50, 75, dan 100 menit. Dosis tawas dan waktu kontak yang menghasilkan hasil yang bagus pada dosis tawas 15000 ppm dan pada waktu kontak 75 menit. Dosis tawas 15000 ppm yaitu dari 19,205 mg/l dengan waktu kontak 75 menit turun menjadi 3,87 mg/l (79,85%) pada akhir penelitian.
2. Pengolahan dengan proses elektrokoagulasi menunjukkan efisiensi penurunan yang sangat baik, yaitu penurunan besi (Fe) mencapai 79% hasil tersebut kandungannya menjadi memenuhi syarat yang ditetapkan sesuai S.K. Gub DIY No: 281/KPTS/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi industri di DIY.

6.2. Saran

Dari kesimpulan dapat disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Sebelum proses elektrokoagulasi lindi perlu dilakukan penyaringan terlebih dahulu agar kekeruhan yang terjadi dapat lebih mudah dikendalikan.
2. Untuk meminimalkan efluen konsentrasi besi (Fe) pada bak sedimentasi maka aliran pada *Baffle Chanel* perlu diatur sehingga tidak terjadi aliran yang turbulen.
3. Proses elektrokoagulasi ini mempunyai kelemahan yaitu pada batangan anoda yang dialiri listrik akan mengalami korosi akibat mudah teroksidasi, untuk itu pada penelitian selanjutnya perlu dicari alternatif lain untuk pengganti batangan anoda yang susah mengalami oksidasi sehingga tidak mudah korosi.
4. Pengolahan lindi sangat penting dilakukan dalam rangka ikut menjaga kelestarian sumberdaya air dan memasyarakatkan kesehatan dan menyehatkan masyarakat.



DAFTAR PUSTAKA

- Acmad Hiskia., 1992, *Kimia Unsur dan Radiokimia*, Citra Aditya Bakti, Bandung.
- Anatoly Dimoglo, Gülşat Tolegenova, Salim Öncel and Nihal Bektaş, *removal Of Nickel, Cupper And Mercury From Aqueous Solutions By Electro-Coagulation Using Aluminium Electrodes*, Environmental Engineering Department, Gebze Institute of Technology, 41400, Gebze, Turkey.
- Anonim., 1990, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416 / MENKES / PER / IX / 1990*” Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim., 1997, *Konsep Metode Standar Pemeriksaan Fisik Kimia dan Radioaktif Air*. BTKL, Yogyakarta.
- Anonimus., 2001, ” *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*”, Jakarta.
- Benny Chatib., 1998, *Pengelolaan Air Limbah*, ITB, Bandung.
- Bird, Tony., 1987, *Kimia Fisik untuk Universitas*, Penerbit Gramedia, Jakarta.
- Damanhuri. Tri Padmi., 1993, *Pengelolaan Persampahan*, Erlangga, Jakarta.
- Darmono., 1995, *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, UI Press.
- Darmono., 2001, *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*, UI Press.
- Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air*, Penerbit 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.
- Johanes H., 1978, *Listrik Dan Magnet*, Balai Pustaka, Jakarta.
- Kumalasari, G., 1995, *Pemurunan Kadar Fe dan Mn Air Sumur Secara Elektrokoagulasi*, STTL YLH Yogyakarta.
- L. J. Xu,* B. W. Sheldon,†,2 D. K. Larick,‡ and R. E. Carawan, *Recovery and Utilization of Useful By-Products from Egg Processing Wastewater by Electrocoagulation*, Praxair, Inc., Burr Ridge, Illinois 60521; and †Departments of Poultry Science and ‡Food Science, North Carolina State University, USA
- Mahida, U. N., 1986, *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*, CV. Rajawali, Jakarta.
- Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta.
- 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.
- Sugiharto., 1987, *Pengelolaan Limbah*, UI Press.
- 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 1.1. Hasil pengujian konsentrasi besi (Fe) dengan dosis tawas 15000 ppm

No	Percobaan	Waktu Kontak (Menit)	Kadar Fe (mg/l)		Efisiensi Elektrokoagulasi (%)
			Sebelum perlakuan	Setelah perlakuan	
			19,205		
1	Sedimentasi	25	19,205	11,82	38,47
2		50	19,205	8,52	55,60
3		75	19,205	8,43	56,09
4		100	19,205	6,07	68,38
5	Filtrasi	25	19,205	3,09	83,91
6		50	19,205	3,27	82,93
7		75	19,205	3,87	79,85
8		100	19,205	3,46	81,98

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 1.2. Hasil pengujian konsentrasi besi (Fe) dengan dosis tawas 20000 ppm

No	Percobaan	Waktu Kontak (Menit)	Kadar Fe (mg/l)		Efisiensi Elektrokoagulasi (%)
			Sebelum perlakuan	Setelah perlakuan	
			19,205		
1	Sedimentasi	25	19,205	12,73	33,71
2		50	19,205	5,05	73,70
3		75	19,205	16,78	12,64
4		100	19,205	15,57	18,94
5	Filtrasi	25	19,205	7,86	59,04
6		50	19,205	5,31	72,35
7		75	19,205	3,67	80,89
8		100	19,205	3,71	80,70

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 1.3. Hasil Penelitian Pada Sampel Lindi di TPAS Piyungan

No	Parameter	Satuan	Sampel Air Lindi		Golongan Baku Mutu Air Limbah *)			
			AL1	AL2	I	II	III	IV
1	Suhu	°C	30,0	30,0	35	40	45	45
2	Kekeruhan	NTU	400	650	-	-	-	-
3	DHL	µhom/cm	5500	6200	-	-	-	-
4	pH		8,37	8,14	-	6	-	-
5	Kesadahan sebagai CaCO ₃	mg/l	2020	3175	-	-	-	-
6	Alkalinitas sebagai HCO ₃	mg/l	450	440	-	-	-	-
7	Kalium (K)	mg/l	20,5	24,1	-	-	-	-
8	Krom (Cr ⁺⁶)	mg/l	0	0	0,05	0,10	0,25	0,60
9	Kadmium (Cd ⁺²)	mg/l	0	0	0,01	0,05	0,10	0,50
10	Kalsium (Ca ⁺²)	mg/l	350	750	-	-	-	-
11	Mg ⁺²	mg/l	278,0	316,0	-	-	-	-
12	Nitrat (NO ₃)	mg/l	10,0	5,0	10	20	30	50
13	NO ₂ ⁻	mg/l	-	-	0,06	1,00	3,00	5,00
14	Klorida (Cl ⁻)	mg/l	3000	2175	600	800	1000	1200
15	Sulfat (SO ₄ ⁻²)	mg/l	14,0	17,0	-	-	-	-
16	NH ₄	mg/l	32,0	25	-	-	-	-
17	BOD	mg/l	290	269	30	50	150	300
18	COD	mg/l	3095	2104	60	100	300	600
19	Koliform total	MPN/100ml	-	-	-	-	-	-

Sumber : Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL), 2000

Keterangan :

AL1 : Air lindi dalam bak penampung pengolahan air lindi sampah TPA

AL2 : Air lindi di bagian tepi TPA

*) : Baku Mutu Air Limbah menurut Kep. Gub. Keputusan DIY No.

214/KPTS/1991

Ttd : Tidak terdeteksi

Tabel 1.4. Hasil Penelitian Sampel Air Permukaan (Sungai Opak)

No	Parameter	Satuan	Sampel Air Lindi		BMA gol B*	
			AK1	AK2	MA	MB
1	Suhu	$^{\circ}\text{C}$	30	30	T. Normal	T. Normal
2	Kekeruhan	NTU	4,5	5	-	500
3	DHL	$\mu\text{hom/cm}$	425	205	-	-
4	pH		7,94	7,92	5,9 - 9,0	5,0 - 9,0
5	Kesadahan sebagai CaCO_3	mg/l	144	136	-	-
6	Alkalinitas sebagai HCO_3	mg/l	153	157	-	-
7	Kalium (K)	mg/l	2	1,5	-	-
8	Krom (Cr^{+6})	mg/l	-	-	nihil	0,05
9	Kadmium (Cd^{+2})	mg/l	-	-	-	0,005
10	Kalsium (Ca^{+2})	mg/l	30,6	30,6	-	-
11	Mg^{+2}	mg/l	16,4	14,5	-	-
12	Nitrat (NO_3)	mg/l	2,0	4,0	nihil	10
13	NO_2^-	mg/l	0,006	0,001	nihil	0,5
14	Klorida (cl^-)	mg/l	9,3	150	25	500
15	Sulfat (SO_4^-)	mg/l	19,5	19,4	5	300
16	NH_4	mg/l	0	0	0,01	0,5
17	BOD	mg/l	1,1	0,9	3,0	5,0
18	COD	mg/l	6,4	5,8	?	10
19	Koliform total	MPN/100ml	93	150	5000	10

Sumber : Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL), 2000

Keterangan :

AK1 : Sampel saluran irigasi (700 m sebelah utara TPA)

AK2 : Air sungai (hasil air buangan dari saluran irigasi, tumpahan air sawah dan air limbah TPA, 1300 m sebelah utara TPA)

MA : Nilai maksimum yang dianjurkan

MB : Nilai maksimum yang diperbolehkan

*) : Baku Mutu Air Golongan B menurut Kep. Gub. Kep DIY 214/KPTS/1991

Ttd : Tidak terdeteksi

Tabel 1.5. Hasil Penelitian Air Permukaan

No	Parameter	Satuan	Batas Baku Mutu Air *)	Hasil Analisa No. Lab	
				4535	4536
1	Bau	-	-	tdk berbau	tdk berbau
2	pH	-	5 - 9	7,8	7,5
3	Kekeruhan	unit	-	21	22
4	Suhu	°C	-	30	30
5	Warna	mg/l	-	14	17
6	Rasa	mg/l	-	-	-
7	Oksigen terlarut	mg/l	6	5,5	5,3
8	COD	mg/l	10	3	2,4
9	BOD5hr 20	mg/l	5	5,4	4,33
10	Zat terlarut	mg/l	1000	177,1	246,4
11	Total Suspended Solid	mg/l	-	22	24
12	Sulfida	mg/l	0,05	Ttd	Ttd
13	Nitrat	mg/l	10	1,29	0,88
14	Nitrit	mg/l	0,5	0,06	0,011
15	Amonia	mg/l	0,5	0,026	0,027
16	Klorida	mg/l	500	6,65	6,65
17	DHL	µhom/cm	-	252	352
18	Sulfat	mg/l	300	19,97	20,71

Sumber : Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL), 1995

Keterangan :

4535 : Air sungai Opak diambil sebelum saluran buangan TPA ± 50 m

4536 : Air sungai Opak diambil sesudah saluran buangan

*) : Baku Mutu Air Badan Air Golongan B KPTS. Gub. DIY 214/KPTS/1991

Tabel 1.6. Hasil Penelitian Sampel Air Tanah

Parameter	Lokasi Sampel								BMA Gol A	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	MA	MB
Suhu (°C)	30	29,5	29,5	28	28,5	28,5	28	30	-	5
Kekeruhan	6,4	5	10	7,5	7	6,5	10	7,4	-	-
DHL	928	574	600	510	480	530	891	968	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
pH	6,91	7,03	7,04	7,14	7,1	6,91	7,27	6,93	-	-
Kesadahan	361	221	195	199	238	259	204	293	-	-
Alkalinitas	125	157	137	177	218	234	197	270	-	0,,05
Kalium	7,1	5,5	6,1	5,4	2,2	5,2	7,9	8,2	-	0,005
Krom	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	nihil	200
Kadmium	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	nihil	150
Kalsium	58	38	42	30	46	50	32	78	75	10
Magnesium	52,5	3,6	21,9	30,1	29,9	32,6	30,2	23,8	30	0,1
Nitrat	0,6	ttd	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	nihil	250
Nitrit	0,018	ttd	ttd	0,001	ttd	0,006	0,121	0,001	nihil	300
Klorida	130	31	33	16	21	23	64	62	25	250
Sulfat	22	17,6	21	19,8	21,6	18,6	17	18,6	50	300
NH ₄	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	-	-
BOD	2,1	0,5	0,1	0,1	0,7	0,7	0,6	0,9	-	-
COD	10,9	3,1	1,8	1,8	2,5	2,5	2,1	5,8	-	-
Koliform total	-	-	-	-	-	1100	28	3	nihil	nihil

Sumber : Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL), 2000

Keterangan :

mpel I : Lokasi TPA

MA : Nilai maksimum yang dianjurkan

mpel II : 100 m dari lokasi TPA (barat laut)

MB : Nilai maksimum yang diperbolehkan

mpel III : 150 m dari lokasi TPA (barat laut)

Ttd : Tidak terdeteksi

mpel IV : 600 m dari lokasi TPA (barat laut)

mpel V : 700 m dari lokasi TPA (utara)

mpel VI : 900 m dari lokasi TPA (utara)

mpel VII : 1000 m dari lokasi TPA (utara)

mpel VIII : 1100 m dari lokasi TPA (utara)

1A Gol. A menurut Keputusan Gub. Kep DIY No. 214/KPTS/1991

Tabel 1.7. Penelitian Air Tanah

No	Parameter	Satuan	Batas Baku Mutu *)	Hasil Analisa No. Lab		
				4532	4533	4532
1	Bau	mg/l	-	tdk berbau	tdk berbau	tdk berbau
2	pH	mg/l	6,5 – 8,5	6,7	6,8	6,5
3	Kekeruhan	unit	5	4,0	4,9	0,0
4	Suhu	mg/l	$\pm 3^{\circ}\text{C}$	37	28	30
5	Warna	unit	15	1,0	4,0	ttd
6	Rasa		-	tdk berasa	tdk berasa	tdk berasa
7	Kesadahan	mg/l	500	73,27	154,46	81,19
8	Klorida	mg/l	250	4,75	23,75	39,45
9	Nitrat	mg/l	10	0,36	0,01	0,64
10	Nitrit	mg/l	1	0,0	0,002	0,073
11	TDS	mg/l	1000	205,9	361,8	272,3
12	Sulfat	mg/l	400	6,61	7,58	8,07
13	Zat Organik	mg/l	10	4,07	2,19	5,32

Sumber : Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL), 1995

Keterangan :

4532 : Sebelah barat TPA ± 50 m

4533 : Sebelah timur TPA ± 50 m

4532 : ± 50 m dari saluran buangan

*) : Baku Mutu Air Minum KPTS. Gub. DIY No. 214/KPTS/1991

LAMPIRAN II : KEPUTUSAN GUBERNUR KEPALA DAERAH ISTIMEWA
YOGYAKARTA
NOMOR : 281 /KPTS / 1998
TENTANG : BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN INDUSTRI DI
PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK KEGIATAN INDUSTRI
LAINNYA

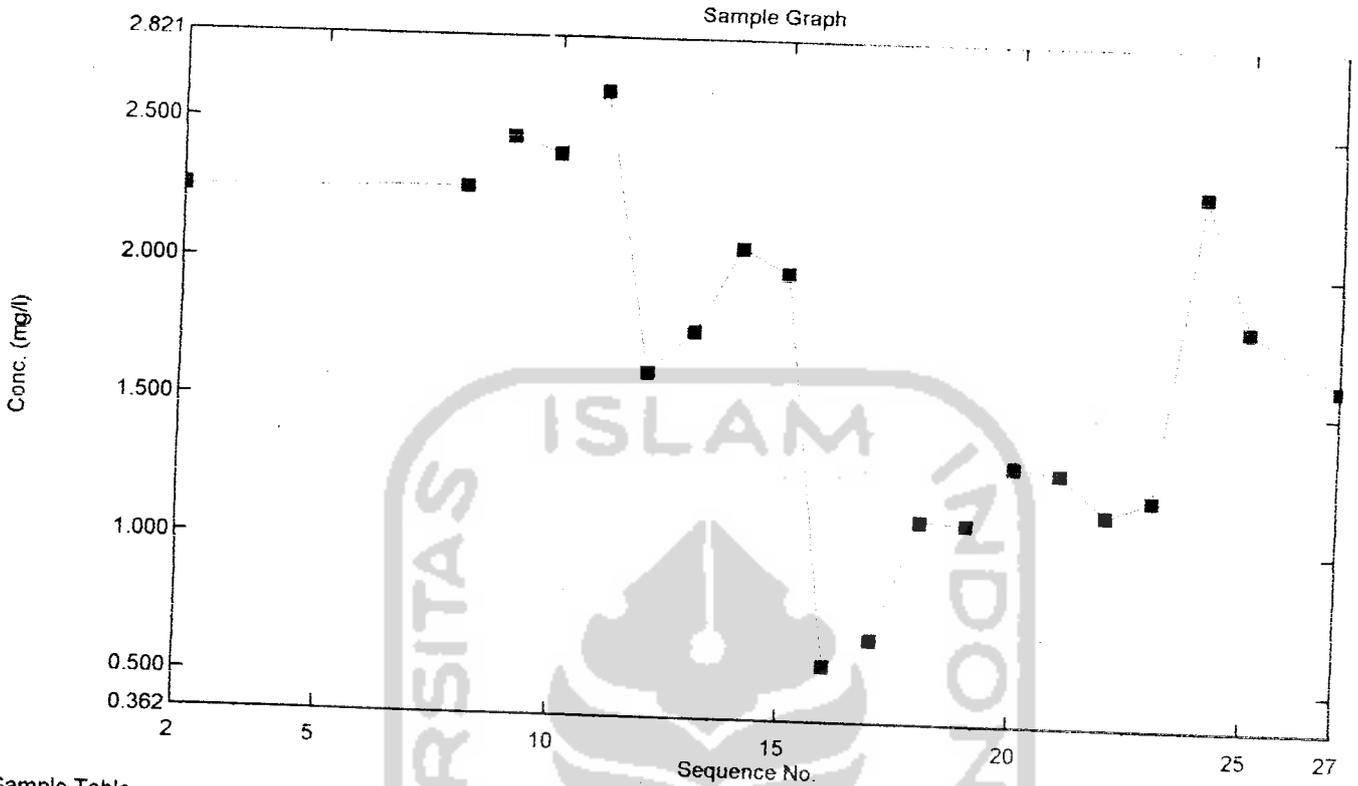
PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM
Temperatur	OC	30
Zat padat terlarut	mg/lit	2000
Zat padat tersuspensi	mg/lit	200
pH		6,0 - 9,0
Besi terlarut (Fe)	mg/lit	5
Mangan terlarut (Mn)	mg/lit	2
Barium (Ba)	mg/lit	2
Tembaga (Cu)	mg/lit	2
Seng (Zn)	mg/lit	5
Krom Heksavalen (Cr)	mg/lit	0,1
Krom total	mg/lit	0,5
Cadmium (Cd)	mg/lit	0,05
Raksa (Hg)	mg/lit	0,002
Timbal (Pb)	mg/lit	0,1
Stannum (Sn)	mg/lit	2
Arsen (As)	mg/lit	0,1
Selenium (Se)	mg/lit	0,05
Nikel (Ni)	mg/lit	0,2
Kobalt (Co)	mg/lit	0,4
Stanida (CN)	mg/lit	0,05
Sulfida (H ₂ S)	mg/lit	0,05
Flourida (F)	mg/lit	2
Klorin bebas (Cl ₂)	mg/lit	1
Amoniak bebas (NH ₄ N)	mg/lit	1
Nitrat (NO ₃ N)	mg/lit	20
Nirit (NO ₂ N)	mg/lit	1
BOD	mg/lit	50
COD	mg/lit	100
Senyawa aktif biru metilen	mg/lit	5
Fenol	mg/lit	0,5
Minyak nabati	mg/lit	5
Minyak mineral	mg/lit	10
Radioaktivitas		-

Yogyakarta, 10 Nopember 1998
GUBERNUR
KEPALA DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
ttd
HAMENGGU BUWONO

Sample Table Report

07/02/2007 04:01:48 AM

File Name: F:\AIVie\Sedimentasi 15.000.pho



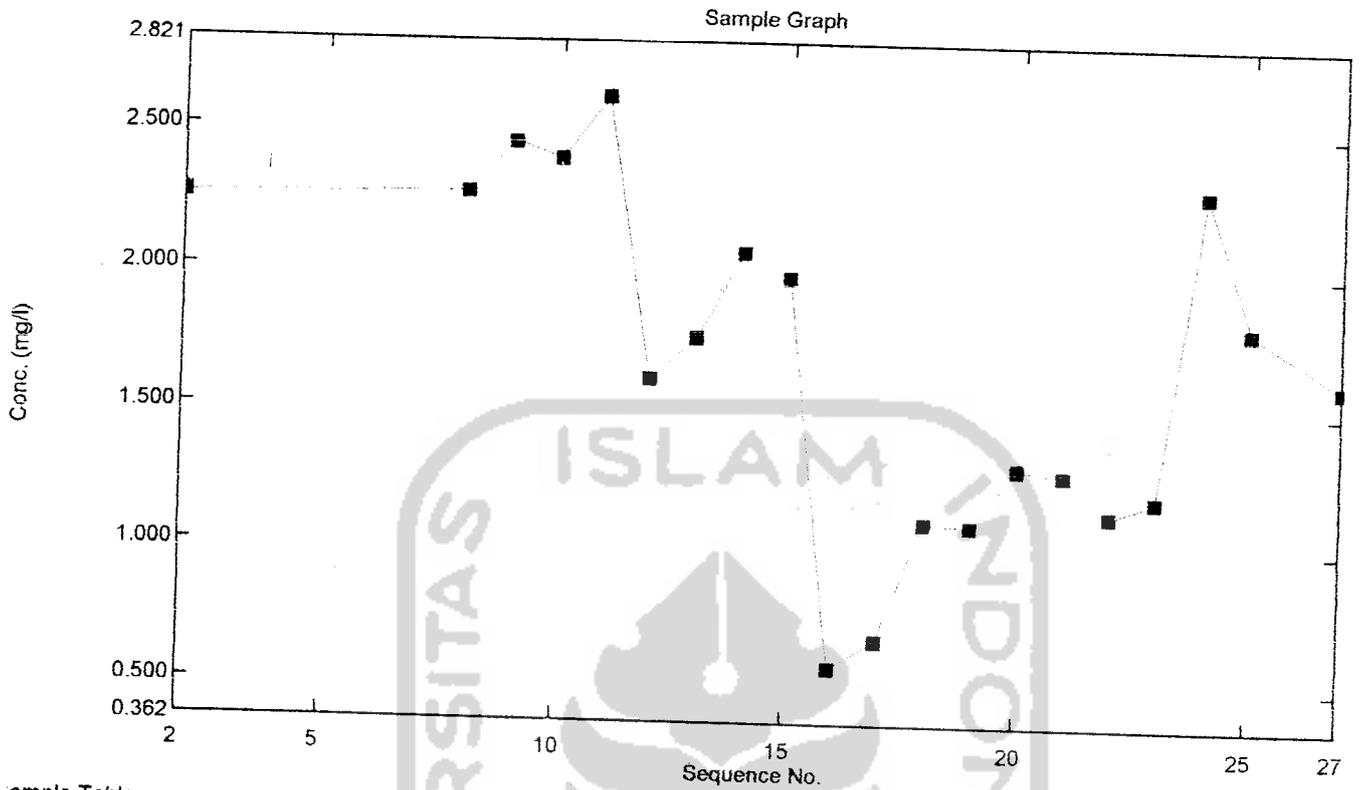
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
1	Awal 1	Unknown	✓	0.554	0.103	100x P
2	Awal 2	Unknown		2.253	0.428	10x
3	S. Awal 1	Unknown	✓	-0.005	-0.004	
4	S. Awal 2	Unknown	✓	0.196	0.035	
5	S. Awal 3	Unknown	✓	0.040	0.005	
6	S. Awal 1.1	Unknown	✓	1.880	0.357	
7	S. Awal 1.2	Unknown	✓	1.961	0.372	
8	25' S.1	Unknown		2.273	0.432	
9	25' S.2	Unknown		2.454	0.467	
10	50' S.1	Unknown		2.393	0.455	
11	50' S.2	Unknown		2.616	0.497	
12	75' S.1	Unknown		1.613	0.306	
13	75' S.2	Unknown		1.760	0.334	
14	100' S.1	Unknown		2.069	0.393	
15	100' S.2	Unknown		1.979	0.376	
16	25' F.1	Unknown		0.567	0.106	
17	25' F.2	Unknown		0.669	0.125	
18	50' F.1	Unknown		1.098	0.207	

Sample Table Report

07/02/2007 04:01:48 AM

File Name: F:\AlVie\Sedimentasi 15.000.pho



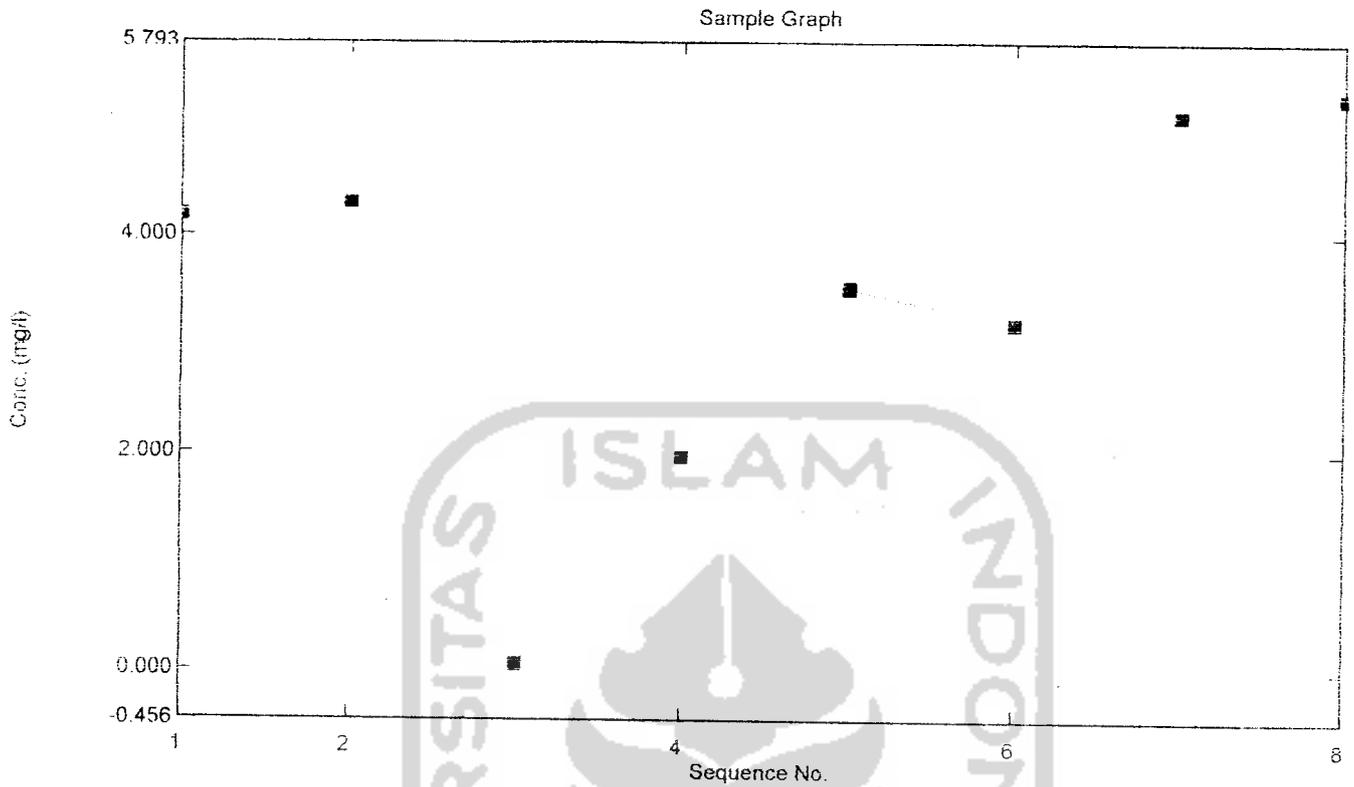
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
9	50' F.2	Unknown		1.087	0.205	
10	75' F.1	Unknown		1.301	0.246	
11	75' F.2	Unknown		1.279	0.242	
12	100' F.1	Unknown		1.131	0.214	
13	100' F.2	Unknown		1.189	0.225	
14	UI 25' S	Unknown		2.294	0.436	
15	UI 50' S.1	Unknown		1.808	0.343	
16	UI 50' S.2	Unknown	✓	1.263	0.239	
17	UI 50' S.3	Unknown		1.603	0.304	
18						

Sample Table Report

07/02/2007 04:00:47 AM

File Name: F:\AI\Ie\Sedimentasi 20.000.pho



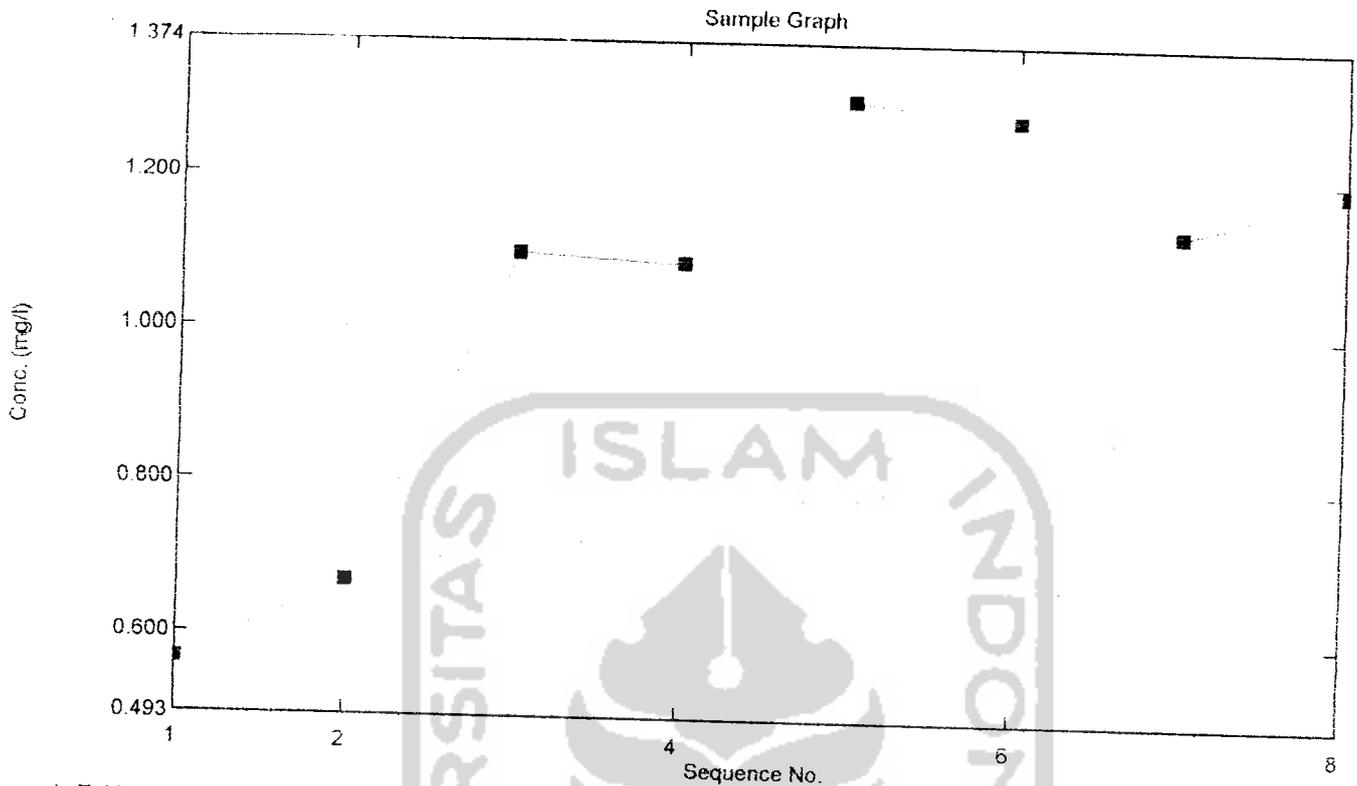
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
1	25' S.1	Unknown		4.190	0.798	
2	25' S.2	Unknown		4.297	0.819	
3	50' S.1	Unknown		0.065	0.010	
4	50' S.2	Unknown		1.955	0.371	
5	75' S.1	Unknown		3.526	0.671	
6	75' S.2	Unknown		3.185	0.606	
7	100' S.1	Unknown		5.106	0.973	
8	100' S.2	Unknown		5.272	1.005	
9						

Sample Table Report

07/02/2007 03:58:42 AM

File Name: F:\AIVie\Filtrasi 15.000.pho



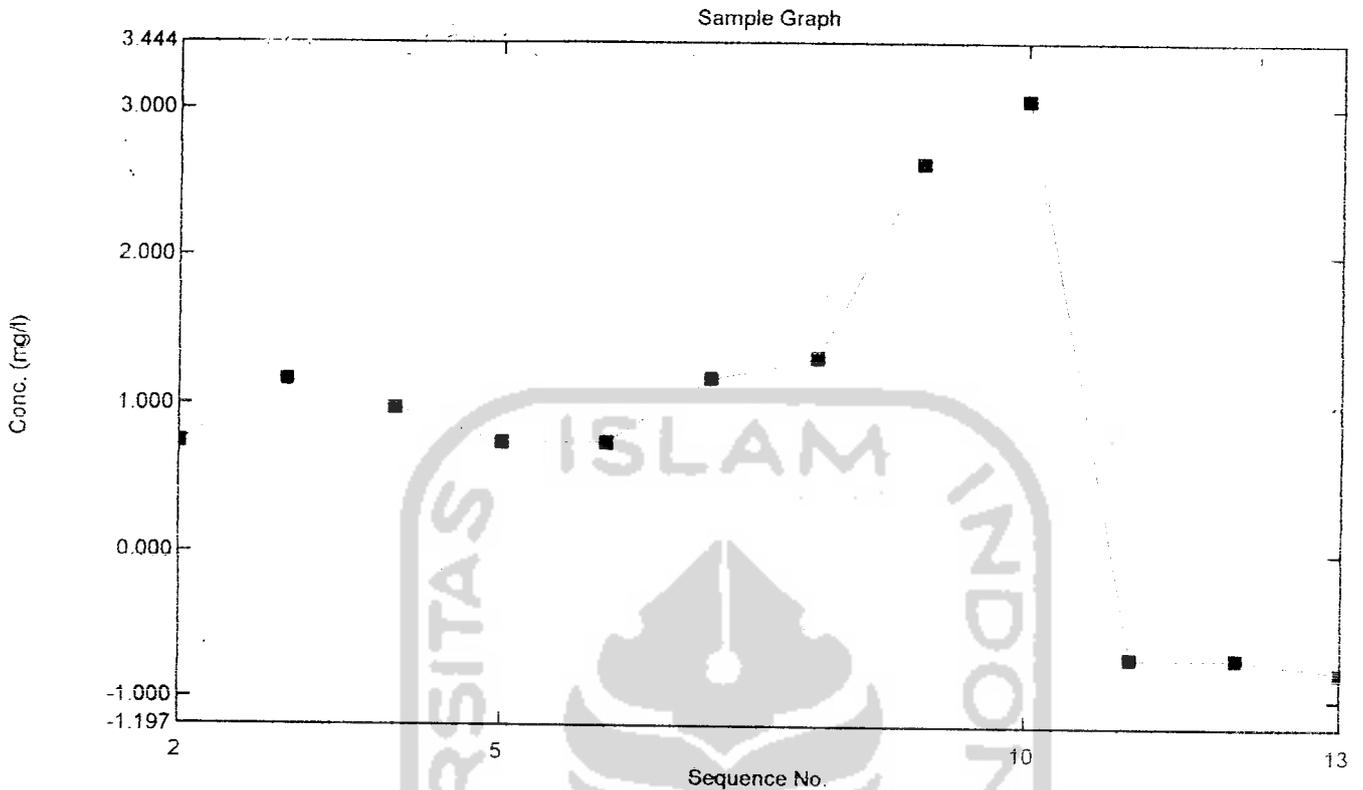
Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
25' F.1	Unknown		0.567	0.106	
25' F.2	Unknown		0.669	0.125	
50' F.1	Unknown		1.098	0.207	
50' F.2	Unknown		1.087	0.205	
75' F.1	Unknown		1.301	0.246	
75' F.2	Unknown		1.279	0.242	
100' F.1	Unknown		1.131	0.214	
100' F.2	Unknown		1.189	0.225	

Sample Table Report

07/02/2007 03:59:37 AM

File Name: F:\AIViel\Filtrasi 20.000.pho



Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
1	25' F.1	Unknown	✓	0.193	0.034	
2	25' F.2	Unknown		0.738	0.138	
3	50' F.1	Unknown		1.154	0.218	
4	50' F.2	Unknown		0.970	0.183	
5	75' F.1	Unknown		0.728	0.136	
6	75' F.2	Unknown		0.740	0.139	
7	100' F.1	Unknown		1.169	0.221	
8	100' F.2	Unknown		1.302	0.246	
9	UI 25' F	Unknown		2.622	0.499	
10	UI 100' F	Unknown		3.057	0.582	
11	UI 25' 1	Unknown		-0.718	-0.140	
12	UI 25' 2	Unknown		-0.718	-0.140	
13	UI 25' 3	Unknown		-0.811	-0.158	
14						



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang km 14,4 Yogyakarta 55584, Phone 0274-895042, 895707, Fax 0274-895330

No. 01/LKL/FTSP/07

Hal: 1 dari 1

SERTIFIKAT HASIL UJI KUALITAS AIR LIMBAH

Jenis Contoh Uji : Air Lindi
 Tanggal Pengujian : 03 April 2007
 Contoh : Besi (Fe)
 Parameter yang diuji : 03 LKL FTSP
 Kode Lab. : Alfiyah
 Analis :

Tawas 15.000 PPM :

No	Parameter Besi (Fe)	Satuan	Hasil pengujian								Metode Uji
			Inlet				Outlet				
			25 mnt	50 mnt	75 mnt	100 mnt	25 mnt	50 mnt	75 mnt	100 mnt	
1	Sedimentasi	mg/L	19.205	19.205	19.205	19.205	11.82	8.528	8.433	6.072	APHA 315 B
2	Filtrasi	mg/L	11.82	8.528	8.433	6.072	3.09	3.278	3.87	3.46	APHA 315 B

Tawas 20.000 PPM :

No	Parameter Besi (Fe)	Satuan	Hasil pengujian								Metode Uji
			Inlet				Outlet				
			25 mnt	50 mnt	75 mnt	100 mnt	25 mnt	50 mnt	75 mnt	100 mnt	
1	Sedimentasi	mg/L	19.205	19.205	19.205	19.205	12.73	5.05	16.78	15.57	APHA 315 B
2	Filtrasi	mg/L	11.82	8.528	8.433	6.072	3.09	3.278	3.87	3.46	APHA 315 B

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

Yogyakarta, 20 Agustus 2007
 Kepala Laboratorium


 Ir. H. Kasan, MT



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang km 14,4 Yogyakarta 55584, Phone 0274-895042, 895707, Fax 0274-895330

No. 07/L.K.L TSP UJI

Hal : 1 dari 1

SERTIFIKAT HASIL UJI KUALITAS AIR LIMBAH

Jenis Contoh Uji : Air Lindi
 Tanggal Pengujian : 03 April 2007
 Contoh : 03 April 2007
 Parameter yang diuji : Tersebut dibawah
 Kode Lab. : 03 LKL FTSP
 Analis : Alfiah

Parameter	Satuan	Hasil pengujian										Metode Uji		
		Sedimentasi					Filtrasi							
		0	25	50	75	100	0	25	50	75	100			
Total Disolved Solid (TDS)	mg/L	0.36				0.06							0.05	SNI 06 - 6989.3 - 2004
Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	0.05				0.03							0.01	SNI 06 - 6989.3 - 2004
Daya Hantar Listrik (DHL)	S/m	0.198				0.063							0.03	Multimeter
pH	-	8		7	7	7		7	7	7	7			
DO	mg/L	96.67				6.4		7.4	7.2	6.2	6.2			SNI 06 - 6989.11 - 2004
Suhu	°C	27				27		27	27.5	27.5	28			SNI 06 - 6989.14 - 2004
Warna	PtCo	3800				1285		453	514	561	563			SNI M - 03 - 1989 - F
Salinitas	gr/Kg	6.1				7		4.7	4.1	4.5	3.3			Multimeter

- Catatan : 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 UJI

Yogyakarta, 20 Agustus 2007
 Kepala Laboratorium


 Ir. H. Kasam, MT

RINGKASAN

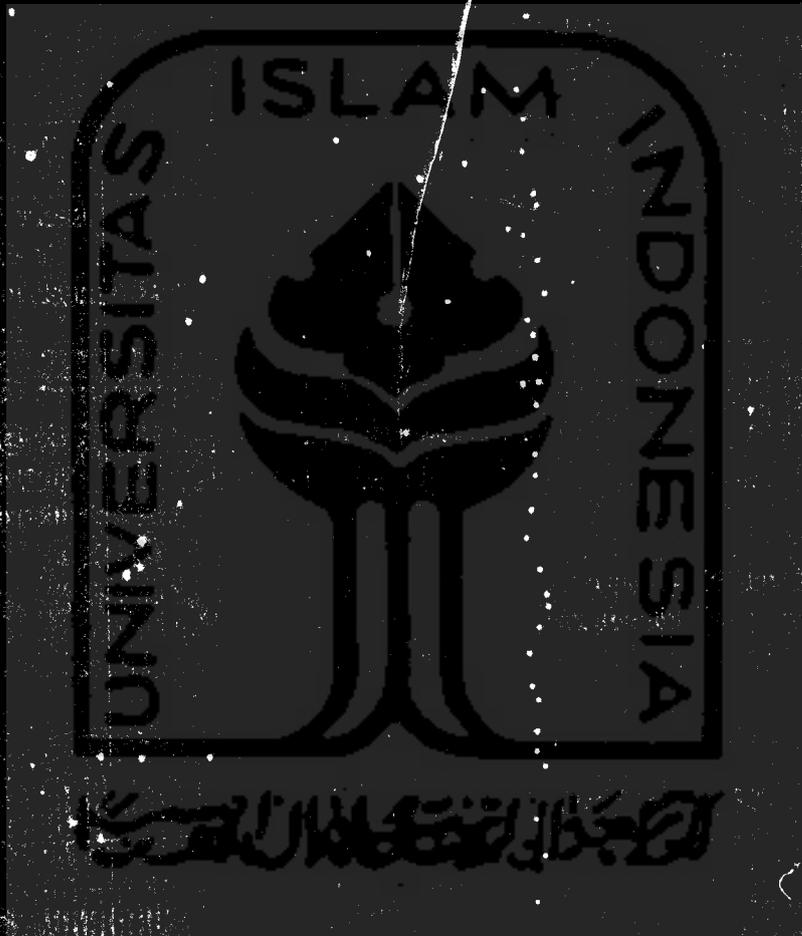
Sampah sebagai hasil sampingan dari berbagai aktivitas dalam kehidupan manusia dan sebagai hasil dari suatu proses alamiah, dapat menimbulkan berbagai masalah. Permasalahan sampah tidak hanya mengancam aspek keindahan dan kebersihan, tetapi juga memberikan dampak negatif bagi kesehatan masyarakat dan lingkungan. Salah satu permasalahan sampah yaitu lindi yang mengandung bahan-bahan organik terlarut serta ion-ion anorganik dalam konsentrasi tinggi sehingga lindi potensial menimbulkan pencemaran terhadap sumber air tanah dan air permukaan. Pengelolaan sebagai upaya dan usaha-usaha meminimalkan pencemaran terhadap air dengan melakukan studi suatu sistem dalam pola air, sedangkan pengolahan air adalah usaha teknis yang dilakukan untuk merubah sifat-sifat suatu zat atau memperbaiki kriteria yang diinginkan.

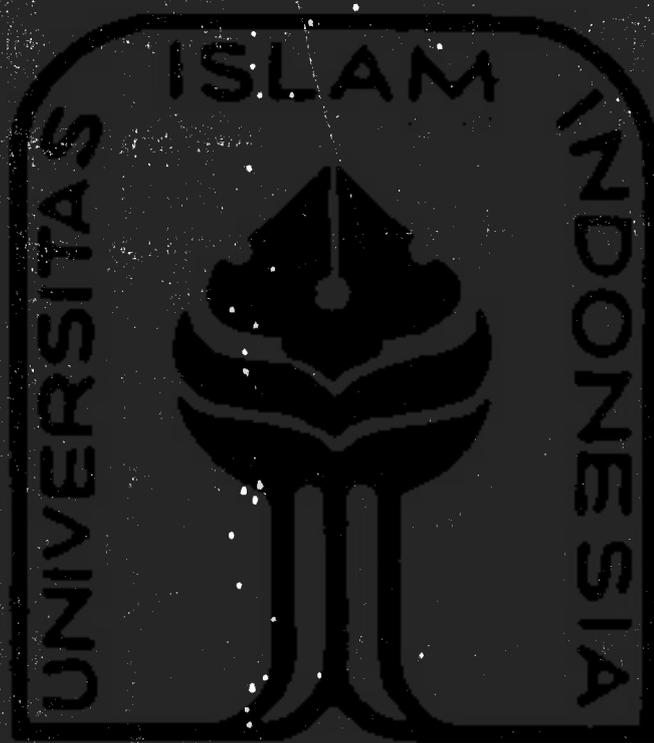
Proses elektrokoagulasi adalah suatu proses koagulasi atau penggumpalan menggunakan tenaga listrik melalui elektrolisa untuk menurunkan logam-logam dan partikel-partikel penyebab kekeruhan yang ada didalam air. Dalam proses elektrolisa pada katoda akan menghasilkan hidrogen dan reaksi reduksi ion logamnya, pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi ion sisa asamnya dan pengendapan flok-flok yang terbentuk. Disamping itu juga menghasilkan gas yang berupa gelembung-gelembung yang terangkat kepermukaan air. Pada sistem ini kemudian dialirkan ke bak sedimentasi untuk mengendapkan partikel-partikel atau flok yang terbentuk, selanjutnya diteruskan dengan proses filtrasi sehingga lindi yang dihasilkan bersih dari unsur-unsur penyebab kekeruhan, logam-logam dan mikroorganisme.

Pada penelitian ini variabel yang diteliti meliputi waktu kontak (waktu elektrokoagulasi) dan dosis tawas. Sedangkan tahap pengujiannya dilakukan dengan mengamati parameter karakteristik penurunan konsentrasi besi (Fe) dalam lindi. Waktu kontak (waktu elektrokoagulasi) divarisi dari 25 menit, 50 menit, 75 menit dan 100 menit sedangkan dosis tawas yang digunakan 15000 ppm dan 20000 ppm. Pengujian terhadap parameter kadar Fe (besi) dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UII, Yogyakarta.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan dosis tawas dan waktu kontak (waktu elektrokoagulasi) berpengaruh terhadap kualitas efluen yang dihasilkan. Dari data penelitian diperoleh, kondisi terbaik pada waktu kontak 75 menit dengan dosis tawas 15000 ppm air yang dihasilkan bersih dari unsur-unsur penyebab kekeruhan, logam-logam dan mikroorganisme. Pada kondisi tersebut menghasilkan nilai efisiensi elektrokoagulasi terhadap parameter besi (Fe) yaitu : Konsentrasi besi (Fe) sebelum pengolahan 19,205 mg/l setelah melalui pengolahan proses elektrokoagulasi diperoleh yaitu 3,87 mg/l dengan efisiensi 79,85%.

Dari hasil penelitian didapat bahwa kadar Fe (besi) yang dihasilkan tidak melebihi ambang batas yang telah ditentukan sesuai S.K. Gub DIY No: 281/KPTS/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi industri di DIY.





جامعة الإسلام في إندونيسيا