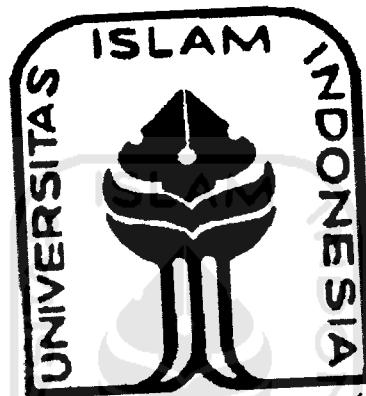


TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAM/DELI	
TGL. TERIMA :	12-12-2007
NO. JUDUL :	2770
NO. INV. :	5120002770001
NO. INDUK :	002770

**PENURUNAN KONSENTRASI TIMBAL (Pb) PADA LINDI TPA PIYUNGAN  
DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI**

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



جامعة الإسلام اندونيسيا

Disusun Oleh :

**RECI RAKHMADASARI**

03513062



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2007**

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

# LEMBAR PENGESAHAN

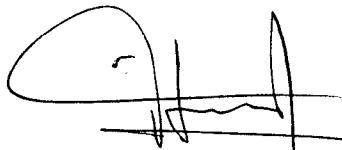
## TUGAS AKHIR

### PENURUNAN KONSENTRASI TIMBAL (Pb) PADA LINDI TPA PIYUNGAN DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI


Nama : Reci Rakhmadasari  
NIM : 03 513 062  
Program Studi Teknik Lingkungan

Telah diperiksa & disetujui oleh:

LUQMAN HAKIM, ST, MSi  
Pembimbing I



TATANG SHABUR J.Si, MSi  
Pembimbing II



Tanggal: 27/5/2007

Tanggal: 26 September 2007

Sepenuh hati, kupersembahkan karya ini kepada :

Ayah dan Ibuku tercinta.....

(Abdul Hamid Idrus & Anawati)

Yang tiada henti berdoa untuk kebahagiaan putra dan putrinya, yang telah sepenuh hati berjuang mendidik dan membesarkanku dengan cinta dan kasih sayang dan selalu memberikan dorongan materil dan spiritual yang sungguh tidak dapat ananda membalasnya.....

Kakakku tercinta Ir. Eva midiana & Ir. Ardiansyah  
Kak Pepep & Ruly Trijaya Amd

Kalian menjadi sumber Motivasi,inspirasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini

For my Soulmate

Tri Purnomo

Makasih banyak ya kak telah memberikan  
kasih sayang, nasehat & supportnya selama 4 tahun ini.....  
Bersama kita bisa wujudkan impian dan cita- cita.

Special To :

Keluargaku di Bengkulu, special sepupuku "memet"

KP di PTBA.

*yang suka usil dikost.*

Sisy, lena, piplen

nensha

Sisy



*maafya kalo sering ngrepotin +*

as3n, Ztik, andes Doel dan alvi

**Algebra, Toshiba Tecra, membantu aku slama kuliah & AB 3066 DZ dah menemani ku keliling jogja.**

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum, wr, wb*

Alhamdulillah segala puji dan syukur kahadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karuniaNya, tidak lupa pula Sholawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul :

**“Penurunan Konsentrasi Timbal (Pb) Pada Lindi TPA Piyungan  
Dengan Metode Elektrokoagulasi ”.**

Selama proses pelaksanaan dan penulisan tugas akhir ini, penulis mendapatkan begitu banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan yang akhirnya penulis mampu embuat dan menyelesaikan tugas akhir ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak. 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 senantiasa memberikan bimbingannya selam proses pembuatan tugas akhir ini. Terima kasih atas dukungan, kesabaran dan pengetahuan – pengetahuan yang telah diberikan
2. Bapak Tatang Sabur Ssi, Msi, selaku pembimbing II Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu, membimbing, mendukung serta mencurahkan pikirannya untuk memberikan masukan-masukan kepada penyusun.

3. Bapak Eko Siswoyo, ST, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan, dan koordinator tugas akhir yang telah memberikan arahan dan pedoman dalam tugas akhir
4. Bapak Andik Yulianto, ST ; Bapak Ir. H. Kasam, MT ; Bapak Hudori, ST; Ibu Yureana, ST, MSc ; Ibu Any Juliani, ST, MSc dan seluruh dosen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah sabar memberikan pengetahuannya selama ini
5. Mas Agus, selaku Staf Jurusan Teknik Lingkungan. yang banyak membantu dalam berbagai administrasi Tugas Akhir ini.
6. Pak Tasyono dan Mas Iwan, selaku laboran di Laboratorium Lingkungan. Terima kasih atas kesabran, bimbingannya selama di lab, serta nasehat – nasehat yang telah diberikan
7. Mas Yusuf selaku laboran di Laboratorium Terpadu UII. Terima kasih atas kesabaran dan bimbingannya.
8. YAYASAN TOYOTA & ASTRA yang telah memberikan saya beasiswa selama 1 tahun
9. Bapak – bapak” *security* ” yang berpatroli waktu tim elektrokoagulasi nginep dan bapak sewa mobil buat kesediannya ngambil lindi ke piyungan.
10. Semua pihak yang telah memberi bantuan dan dukungan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis sadar dalam tugas akhir ini masih banyak sekali kekurangannya oleh karena itu perkenankanlah permohonan maaf dari penulis. Besar harapan penulis

karya ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan kontribusi bagi penulis khususnya dan bagi pembaca atau rekan mahasiswa umumnya.

*Wassalamu 'alaikum wr,wb.*

Yogyakarta, Agustus 2007

Penyusun

Rezi Rakhmadasari



# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I      PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II     TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Gambaran Umum Sampah.....	4
2.1.1. Sumber Sampah .....	4



2.1.2	Komposisi Sampah .....	5
2.2.	Pengertian Lindi (leachate) .....	6
2.2.1.	Proses Pembentukan Lindi .....	7
2.2.2.	Kualitas dan Kuantitas Lindi.....	9
2.2.3.	Karakteristik Lindi .....	10
2.2.4.	Pergerakan Lindi di TPA .....	11
2.2.5.	Pengaruh Lindi Terhadap Polusi Air .....	13
2.3.	Pengolahan Air Limbah .....	14
2.3.1.	Karakteristik Air Limbah .....	15
2.4.	Logam Berat .....	15
2.4.1.	Pengertian Logam Berat .....	15
2.4.2.	Timbal (Pb) .....	16
2.4.3.	Sifat – Sifat Timbal (Pb) .....	16
2.4.4.	Pencemaran Timbal Dalam Perairan .....	17
2.4.5.	Bahaya Timbal Bagi Manusia .....	18
2.5.	Elektrokoagulasi .....	19
2.5.1.	Sel Elektrolisis .....	23
2.4.2.	Tembaga .....	24
2.4.3.	Aluminium .....	24
2.6.	Arus Listrik .....	25
2.7.	Aerasi .....	26
2.8	Hipotesa.....	26

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1.	Lokasi Penelitian .....	27
3.2.	Obyek Penelitian .....	27
3.3.	Waktu Penelitian .....	28
3.4.	Variabel Penelitian .....	28
3.5.	Tahap Pelaksanaan .....	28
3.5.1.	Bahan Penelitian .....	28
3.5.2.	Alat yang Digunakan dalam Penelitian .....	29
3.6.	Tahap Pelaksanaan Penelitian .....	30
3.7.	Langkah Penelitian .....	31
3.7.1.	Tahap Persiapan .....	31
3.7.2.	Pembuatan Alat Elektrokoagulasi .....	31
3.7.3.	Tahap Cara Kerja .....	39
3.8.	Analisa Data .....	40

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1.	Desain Alat .....	35
4.1.1.	Bak Elektrokoagulasi .....	35
4.1.2.	Bak Baffle Channel Flocculator .....	36
4.1.3.	Bak Sedimentasi .....	38
4.1.4.	Bak Filtrasi .....	41
4.2.	Percobaan Awal .....	44
4.2.1.	Jenis dan Dosis Koagulan .....	45
4.2.1.1.	Jar test .....	45

4.2.1.2.	Elektrokoagulasi .....	50
4.2.2.	Elektroda .....	53
4.2.3.	Waktu Kontak .....	54
4.3.	Parameter Pendukung .....	55
4.3.1.	pH .....	55
4.3.2.	Daya Hantar Listrik .....	55
4.3.3.	TSS .....	56
4.3.4.	TDS .....	58
4.3.5.	Warna .....	60
4.3.6.	Salinitas .....	63
4.3.7.	Suhu .....	65
4.3.8.	DO .....	65
4.4.	Konsentrasi Awal Logam Pb dalam Lindi TPA Piyungan.....	67
4.4.1.	Variasi Dos Tawas dan Waktu Kontak.....	67
4.4.2.	Faktor – faktor yang mempengaruhi dalam efisiensi Pb.....	81
4.5.	Penurunan kadar Pb oleh elektrokoagulasi.....	79
4.5.1.	Gambaran Proses Elektrokoagulasi .....	83

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1.	Kesimpulan .....	87
5.2.	Saran .....	88

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kandungan Unsur-Unsur Dalam <i>Leachate</i> .....	10
Tabel 4.1. Tabel percobaan <i>elektrokoagulasi</i> tanpa koagulan .....	44
Tabel 4.2. Tabel percobaan <i>jar test</i> dengan variasi koagulan .....	49
Tabel 4.3. Tabel percobaan elektrokoagulasi dengan variasi dosis tawas .....	53
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Awal Konsentrasi Pb .....	67
Tabel 4.5. Daftar deret gaya gerak listrik beberapa unsur .....	78



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.Keseimbangan air dalam suatu tanah lahan urug .....	8
Gambar 2.2.Penyebaran lindi dalam air tanah .....	12
Gambar 2.3.Perembesan lindi kedalam air tanah .....	14
Gambar 2.4. Reaktor Elektrokoagulasi .....	20
Gambar 3.1. Lokasi pengambilan sampel lindi TPA Piyungan .....	27
Gambar 3.2. Rangkaian Desain Alat Elektrokoagulasi .....	32
Gambar 4.1. Bak Elektrokoagulasi dan <i>magnetic steer barr</i> .....	36
Gambar 4.2. Bak <i>baffle channel flocculator</i> .....	37
Gambar 4.3. Bak sedimentasi .....	38
Gambar 4.4. Grafik Efisiensi bak sedimentasi .....	39
Gambar4.5. Hubungan efisiensi penurunan konsentrasi Pb dengan variasi waktu kontak dan dosis koagulan pada bak sedimentasi.....	40
Gambar 4.6. Bak Filtrasi.....	41
Gambar 4.7 Efisiensi Bak Filtrasi.....	42
Gambar 4.8.Hubungan efisiensi penurunan konsentrasi Pb dengan variasi waktu kontak dan dosis koagulan pada bak sedimentasi.....	43
Gambar 4.9. Elektrokoagulasi tanpa koagulan .....	45
Gambar 4.10. Percobaan <i>jar test</i> .....	46
Gambar 4.11. Percobaan <i>jar test</i> dengan menggunakan tawas .....	47
Gambar 4.12. Percobaan <i>jar test</i> dengan menggunakan Ferro sulfat .....	48

Gambar 4.13. Percobaan <i>jar test</i> dengan menggunakan variasi ferro sulfat dan kapur tohor.....	49
Gambar 4.14. Percobaan elektrokoagulasi dengan tawas .....	50
Gambar 4.15. Percobaan elektrokoagulasi menggunakan tawas 8 gr/500ml .....	52
Gambar 4.16. Batangan anoda dari tembaga dan katoda dari aluminium .....	54
Gambar 4.17. Grafik Efisiensi DHL dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas .....	56
Gambar 4.18. Grafik. Efisiensi TSS dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas .....	57
Gambar 4.19. Skema Zat Padat Total .....	59
Gambar 4.20. Grafik Efisiensi TDS dengan variasi waktu kontak terhadap variasi Dosis tawas.....	60
Gambar 4.21. Grafik Efisiensi warna dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas .....	62
Gambar 4.22. Efisiensi salinitas dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas .....	64
Gambar 4. 23. Grafik Hubungan efisiensi removal konsentrasi Pb dengan variasi waktu kontak dan dosis tawas .....	68
Gambar 4.24. Hubungan efisiensi penurunan konsentrasi Pb dengan parameter COD dan warna.....	69
Gambar 4.25. peristiwa gaya tarik menarik antar partikel .....	71
Gambar 4.26. Proses Reaksi Oksidasi Reduksi.....	74
Gambar 5.3. Bagan fenomena penurunan kadar Pb pada elektrokoagulasi .....	88

Gambar 4.28. Bak Elektrokoagulasi .....	83
Gambar 4.29. Baffle Chanel .....	83
Gambar 4.30. Bak Sedimentasi .....	84
Gambar 4.31. Bak Filtrasi .....	84
Gambar 4.32. Dosis Tawas 15.000 ppm .....	85
Gambar 4.33 Dosis Tawas 20.000 ppm.....	85
Gambar 4.34. Batangan Cu (Anoda) .....	86
Gambar 4.35. Batangan Alumunium (Katoda) .....	86
Gambar 4.36.Rangkaian alat yang telah melalui proses Elektrokoagulasi .....	86



## DAFTAR LAMPIRAN

Tabel 1 Hasil pengujian konsentrasi Pb pada 15000 ppm tawas

Tabel 2.Efisiensi penurunan konsentrasi Pb bak Sedimentasi dan Filtrasi dengan dosis 15.000 ppm tawas

Tabel 3. Hasil pengujian konsentrasi Pb pada 20.000ppm tawas

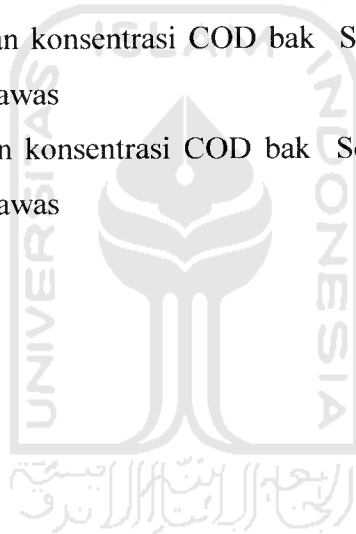
Tabel.4. Efisiensi penurunan konsentrasi Pb bak Sedimentasi dan Filtrasi dengan dosis 20.000 ppm tawas

Tabel 5 Efisiensi penurunan konsentrasi Pb (inlet-outlet)

Tabel.6 Kualitas lindi untuk parameter fisik

Tabel.7.Efisiensi penurunan konsentrasi COD bak Sedimentasi dan Filtrasi dengan dosis 15.000 ppm tawas

Tabel.8.Efisiensi penurunan konsentrasi COD bak Sedimentasi dan Filtrasi dengan dosis 20.000 ppm tawas





# PENURUNAN KONSENTRASI TIMBAL (Pb) PADA LINDI TPA PIYUNGAN DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

<sup>1</sup>Luqman Hakim <sup>2</sup>Tatang Sabur J <sup>3</sup>Rezi Rakhmadasari

## Intisari

TPA Piyungan yang bertempat di kabupaten bantul, DIY adalah sarana fisik untuk berlangsungnya upaya kegiatan pengelolaan dan pengolahan akhir sampah padat. Proses dekomposisi sampah organik yang akan menghasilkan gas-gas dan cairan disebut lindi. Lindi mengandung bahan-bahan kimia, baik organik maupun anorganik serta mikroba parasit seperti: kutu air (*sacrotes sp*) yang dapat menyebabkan gatal-gatal pada kulit. Salah satu unsur yang terkandung dalam lindi, yaitu logam Pb. Dimana sumber pencemaran logam Pb ini antara lain: bekas buangan industri pelapisan, industri percetakan, sisa-sisa cat, batu baterai, dan lain-lain. Kandungan Pb pada limbah cair lindi TPA Piyungan sebesar 1,40 mg/l kadar ini tergolong cukup tinggi, karena telah melebihi ambang batas maksimum baku mutu air kelas IV PP No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air sebesar 1 mg/l.

Berdasarkan hal tersebut penelitian dengan judul "penurunan kadar timbal pada lindi TPA Piyungan dengan metode elektrokoagulasi", tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu kontak dan variasi dosis tawas serta untuk mengetahui tingkat efisiensi penurunan kadar Pb yang terkandung dalam lindi setelah melalui proses elektrokoagulasi. Pengolahan lindi dengan metode elektrokoagulasi merupakan teknik yang efektif dan efisien karena bahannya yang mudah didapat dipasaran. Proses ini menggunakan serangkaian pengolahan dimana bak elektrokoagulasi yang menempatkan variasi batang elektroda (tembaga dan aluminium) dan bila dialiri listrik arus listrik searah yang diletakkan diatas magnetic barr steerer yang membantu proses reduksi ion-ion Pb, dilanjutkan dengan baffle channel, sedimentasi dan yang terakhir filtrasi. Berdasarkan hasil penelitian, bahwa penurunan kadar Pb dalam lindi dengan dosis tawas 15000 ppm dari 1,4 mg/l menjadi 0,14 mg/l dengan tingkat efisiensi 89,82%. Untuk dosis tawas 20000 ppm penurunan kadar Pb dalam lindi dari 1,4 mg/l menjadi 0,05 mg/l dengan tingkat efisiensi 95,81%.

**Kata kunci :** TPA, Lindi, Elektrokoagulasi, Pb

---

<sup>1</sup>Dosen Pengajar Jurusan Teknik Lingkungan FTSP, Universitas Islam Indonesia

<sup>2</sup>Dosen Pengajar D3 Kimia Analisis MIPA, Universitas Islam Indonesia

<sup>3</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia

# REMOVAL OF LEAD (Pb) FROM LEACHATE TPA PIYUNGAN USING ELECTROCOAGULATION METHOD

<sup>1</sup>Luqman Hakim <sup>2</sup>Tatang Sabur J <sup>3</sup>Rezi Rakhmadasari

## Abstract

*TPA Piyungan which have place in bantul DIY, is a place activity of final processing and management of solid garbage. Process the organic decomposition garbage yield the gas and dilution called leachate. Leachate contain the chemicals, inorganic and organic parasite microba like: water bug ( sacrotes sp) which can cause the pruritis of husk. one of element which implied in the leachate, that is lead (Pb). Where source of this metal Pb contamination for example: industrial of veneering, industrial of printing office, pickings paint, battery, and others. content Pb at liquid waste of leachate TPA Piyungan equal to 1, 40 mg/l rate pertained high, because have exceeded the permanent maximum boundary sill quality of water class IV PP No. 82 Year 2001 about quality water managementr and control ofwater contamination equal to 1 mg/l.*

*Pursuant to the mentioned of research with the title " Removal of lead at lindi TPA Piyungan by electrocoagulation method", this research target is to know the influence of time contact and variation of alum dose and also to know the level of efficiency removal Pb which implied in the leachate after through electrocoagulation process. Processing leachate with the electrocoagulation method represent the efficient and effective technique because its substance easy got by a marketing. Process of electrocoagulation placing variation of electrode bar ( copper and aluminium) and if emited a stream by the electric current, placed above assistive magnetic barr steerer process the reduction of ion Pb, continued by baffle channel, sedimentation and last of filtration.*

*Pursuant to research result, that removal of Pb in leachate with the alum dose 15000 ppm from 1.4 mg / l become 0,14 mg / l with the efficiency level 89,82%. For the dose of alum 20000 ppm removal of Pb in leachate from 1,4 mg/l become 0,05 mg/l with the efficiency level 95,81%.*

*Keywords : TPA, Leachate, Electrocoagulation, Pb*

---

<sup>1</sup>Dosen Pengajar Jurusan Teknik Lingkungan FTSP, Universitas Islam Indonesia

<sup>2</sup>Dosen Pengajar D3 Kimia Analisis MIPA, Universitas Islam Indonesia

<sup>3</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada awal peradaban manusia, sampah belum merupakan suatu masalah yang perlu ditangani secara serius. Akan tetapi seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya aktivitas kehidupan, maka permasalahan sampah menjadi besar dan sangat kompleks. Permasalahan ini apabila tidak diantisipasi sedini mungkin akan memberikan dampak negatif bagi kelestarian lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) adalah sarana fisik untuk berlangsungnya upaya kegiatan pengelolaan dan pengolahan akhir sampah padat. Adanya tempat penimbunan sampah pada TPA Piyungan mengalami dekomposisi sampah organik yang akan menghasilkan gas-gas dan cairan yang disebut Lindi (*Leachate*). Lindi mengandung bahan-bahan kimia, baik organik maupun anorganik serta mikroba parasit seperti : kutu air (*sacrotos sp*) yang dapat menyebabkan gatal-gatal pada kulit. Salah satu unsur yang terkandung dalam lindi (*Leachate*), yaitu logam Pb. Dimana sumber pencemaran logam Pb ini antara lain : bekas buangan industri pelapisan, industri percetakan, sisa- sisa cat, batu baterai dan lain-lain.

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

Karena kondisi tersebut, maka sangat diperlukan pemikiran tentang pengolahan lindi tersebut, sehingga diharapkan lindi TPA Piyungan dapat memenuhi nilai ambang batas yang diijinkan, yaitu Baku Mutu Air sesuai PP No: 82 Tahun : 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. Setelah melakukan pemeriksaan di laboratorium UII, diperoleh kandungan Pb pada lindi TPA Piyungan sebesar 1,4034 mg/l kadar ini tergolong cukup tinggi, karena telah melebihi ambang batas maksimum Baku Mutu air kelas IV sebesar 1 mg/l.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengolahan yang dapat menurunkan kadar Pb yang ada dalam lindi tersebut. Salah satu cara pengolahannya, yaitu dengan cara proses elektrokoagulasi. Karena selain efektif dan efisien bahannya juga mudah didapat di pasaran. Proses ini menggunakan bak yang menempatkan 2 batang elektroda dan bila dialiri arus listrik searah yang diletakkan diatas magnetic bar -stirrer yang membantu proses reduksi ion-ion Pb.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah tersebut diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Apakah waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan kadar Pb dalam lindi.
2. Bagaimana tingkat efisiensi dari proses elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar Pb dalam lindi.

### 1.3. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi hal-hal berikut ini :

1. Parameter yang di analisa adalah kadar Pb yang terkandung dalam lindi yang diambil dari TPA Piyungan.
2. Kualitas lindi sesudah perlakuan menggunakan proses elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar Pb dalam lindi.
3. Elektroda yang digunakan adalah tembaga dan aluminium

#### 1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu kontak dan dosis tawas dalam pengolahan yang menggunakan elektrokoagulasi.
2. Mengetahui tingkat efisiensi penurunan kadar Pb yang terkandung dalam lindi setelah melalui proses elektrokoagulasi.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

1. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang pengolahan lindi dengan metode elektrokoagulasi.
2. Dapat diperoleh metode alternatif untuk pengolahan limbah lindi.
3. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang pengolahan limbah dengan metode elektrokoagulasi.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Gambaran Umum Sampah**

Beberapa pengertian tentang sampah adalah :

- a. Sampah merupakan bahan sisa, baik bahan – bahan yang sudah tidak digunakan lagi (barang bekas) maupun bagian yang sudah diambil bagian utamanya.
- b. Ditinjau dari segi ekonomi, sampah adalah bahan yang sudah tidak ada harganya.
- c. Ditinjau dari segi lingkungan, sampah adalah bahan buangan yang tidak berguna dan banyak menimbulkan masalah pencemaran dan gangguan pada kelestarian lingkungan.

Berdasarkan uraian diatas maka dapat dibuat suatu batasan masalah yang definitif tentang sampah, yaitu : sisa – sisa bahan yang mengalami perlakuan – perlakuan baik karena telah diambil bagian utamanya, atau karena pengolahan atau karena sudah tidak ada manfaatnya yang ditinjau dari segi sosial ekonomis tidak ada harganya dan dari segi lingkungan dapat menimbulkan pencemaran atau gangguan kelestarian. (Sowedo, 1983)

##### **2.1.1. Sumber Sampah**

Sampah dapat di jumpai di segala tempat dan hampir di semua kegiatan. Berdasarkan sumber/asalnya, maka sampah dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Sampah dari hasil kegiatan rumah tangga termasuk di dalam hal ini adalah sampah dari : asrama, rumah sakit, hotel – hotel dan kantor
2. Sampah dari kegiatan industri/pabrik
3. Sampah dari hasil kegiatan pertanian, yang meliputi : perkebunan, kehutanan, perikanan dan peternakan.

4. Sampah dari hasil kegiatan perdagangan, misalnya : sampah pasar dan sampah toko.
5. Sampah dari kegiatan pembangunan
6. Sampah jalan raya

Sampah yang berasal dari pemukiman/tempat komersial, selain terdiri atas sampah organik dan organik, juga dapat dikategorikan B3. Sampah organik bersifat *biodegradable* sehingga mudah terdekomposisi, sedangkan sampah anorganik bersifat *non-biodegradable* sehingga sulit terdekomposisi. Bagian anorganik sebagian besar terdiri dari kaca, tembikar, logam dan debu.

### 2.1.2. Komposisi Sampah

Pada suatu kegiatan mungkin akan dihasilkan jenis sampah yang sama. Misalnya sampah yang hanya terdiri atas kertas, logam, atau daun-daunan saja. Apabila tercampur dengan bahan-bahan lain, maka sebagian besar komponennya adalah seragam. Karena itu berdasarkan komposisinya, sampah dibedakan menjadi dua macam :

- Sampah yang seragam. Sampah dari kegiatan industri pada umumnya termasuk golongan ini. Sampah dari kantor sering hanya terdiri atas kertas, kantor, kertas karbon, dan masih dapat digolongkan dalam golongan sampah yang seragam.
- Sampah yang tidak seragam (campuran), misalnya sampah yang berasal dari pasar atau sampah dari tempat-tempat umum

Di Indonesia, penggolongan sampah yang sering digunakan adalah sebagai :

- (a) Sampah organik, atau sampah basah yang terdiri dari atas daun-daunan, kayu, kertas, tulang, sisa-sisa makanan ternak, sayur, buah dan lain-lain
- (b) Sampah anorganik, atau sampah kering : yang terdiri atas kaleng, plastik, besi dan logam-logam lainnya, gelas, mika atau bahan-bahan, kadang kertas dimasukkan dalam kelompok ini.

Komposisi sampah juga dipengaruhi oleh beberapa faktor :

- Cuaca : Di daerah yang kandungannya airnya tinggi, kelembaban sampah juga akan cukup tinggi.
- Frekuensi pengumpulan : Semakin sering sampah dikumpulkan maka semakin tinggi tumpukan sampah terbentuk. Tetapi sampah organik akan berkurang karena membusuk, dan yang akan terus bertambah adalah kertas dan sampah lainnya yang sulit terdegradasi.
- Musim : Jenis sampah akan ditentukan oleh musim buah-buahan yang sedang berlangsung.
- Tingkat social ekonomi : Daerah ekonomi tinggi pada umumnya menghasilkan total sampah yang terdiri atas bahan kaleng, kertas dan sebagainya.
- Pendapatan perkapita : Masyarakat dan tingkat ekonomi lemah akan menghasilkan total sampah yang lebih sedikit dan homogen.
- Kemasan produk : Kemasan produk bahan kebutuhan sehari-hari juga akan mempengaruhi. Negara maju seperti Amerika tambah banyak menggunakan kertas sebagai pengemas, sedangkan Negara berkembang seperti Indonesia banyak menggunakan plastic sebagai pengemas.

## 2.2. Pengertian Lindi (*leachate*)

Lindi (*leachate* atau air luruhan sampah) adalah cairan yang meresap melalui sampah dan mengandung unsur-unsur yang terlarut dan tersuspensi. Lindi ini termasuk salah satu bentuk pencemar lingkungan yang dihasilkan oleh timbunan sampah. Lindi akan terjadi apabila ada air eksternal yang berinfiltrasi ke dalam timbunan sampah, misalnya dari air permukaan, air hujan, air tanah atau sumber lain. Cairan tersebut kemudian mengisi rongga-rongga pada sampah, dan bila kapasitasnya telah melampaui kapasitas air dari sampah, maka cairan tersebut akan keluar dan mengekstrasi bahan organik dan anorganik hasil proses fisika, kimia dan biologis yang terjadi pada sampah. Hasil dari proses tersebut, maka biasanya lindi akan



mengandung bahan- bahan organik terlarut serta ion-ion anorganik dalam konsentrasi yang tinggi (Tri Padmi Damanhuri, 1993)

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

### 2.2.1. Proses Pembentukan Lindi

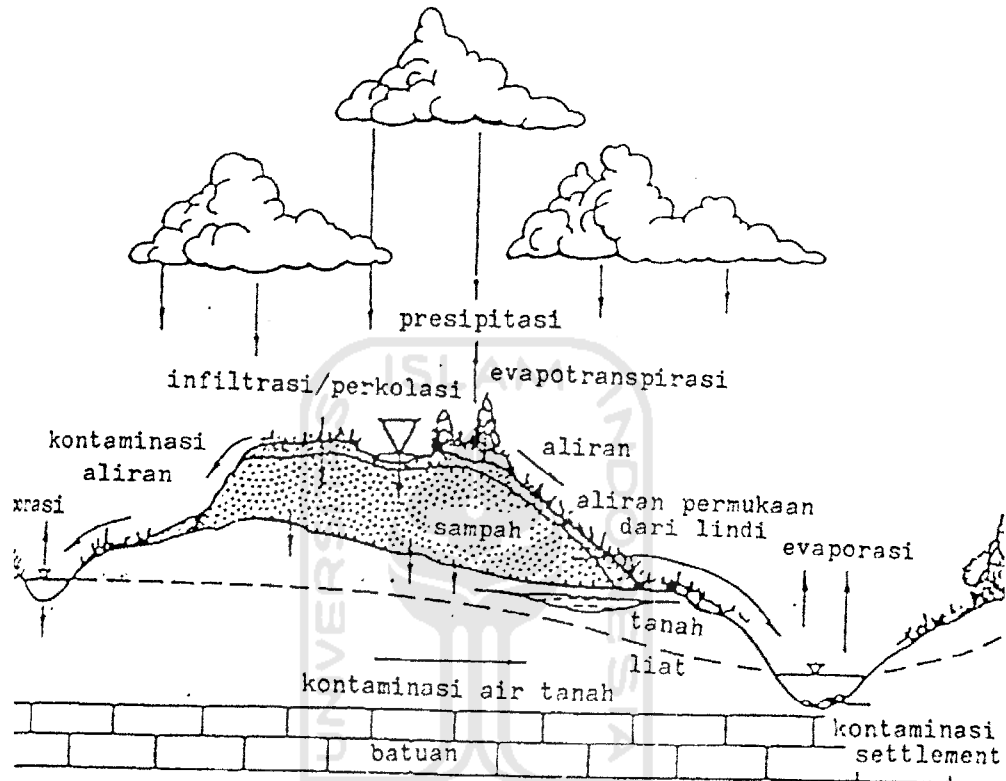
Sejak sampah berada dalam timbunan, maka mulailah terjadi proses dekomposisi yang ditandai oleh perubahan secara fisis, biologi dan kimiawi pada sampah. Proses yang terjadi antara lain :

- a. Penguraian biologis bahan organik secara aerob dan anaerob yang menghasilkan gas dan cairan.
- b. Oksidasi kimiawi .
- c. Pelepasan gas dari timbunan.
- d. Pergerakan cairan karena perbedaan tekanan.
- e. Pelarutan bahan organik dan anorganik oleh air dan lindi yang melewati timbunan sampah.
- f. Perpindahan materi terlarut karena gradien konsentrasi.
- g. Penurunan permukaan tanah yang disebabkan oleh pemadatan sampah yang mengisi ruang kosong pada timbunan.

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

- a. Presipitasi atau aliran permukaan yang berinfiltrasi ke dalam timbunan sampah secara horisontal melalui tempat penimbunan.
- b. Kandungan air dari sampah itu sendiri.
- c. Air hasil proses dekomposisi bahan organik dalam sampah.

Reaksi biologis akan terus berlangsung di dalam timbunan sampah menurut kondisi ada maupun tak ada oksigen serta tahapan proses dekomposisi, sehingga proses yang terjadi akan bersifat aerob dan anaerob. Sejalan dengan reaksi biologis akan terjadi pula reaksi kimia dimana leaching (proses terjadinya lindi). Secara pembentukan lindi dapat dilihat pada gambar :



Gambar 2.1.

Keseimbangan air dalam suatu tanah lahan urug

Pada gambar terlihat bahwa lindi akan bergerak melewati tanah, dan pada saatnya mencapai air tanah yang merupakan salah satu sumber air bagi manusia. Mengingat kualitas lindi yang buruk, maka kontak antara lindi dengan air tanah harus dihindarkan, karena apabila hal ini terjadi maka kualitas air tanah akan menurun terutama karena adanya konsentrasi mineral (kesadahan, alkalinitas,

besi, mangan, dan lain – lain) serata kandungan organik ( $BOD_5$ , COD) pada air tanah.

### 2.2.2. Kualitas dan Kuantitas Lindi

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

Komposisi dan produktivitas lindi dipengaruhi oleh berbagai hal, seperti :

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

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

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

1. Zat organik
2. Kalsium (Ca)
3. Besi (Fe)
4. Nitrat ( $NO_2$ )
5. Tracemetal seperti : Mangan (Mn), timah hitam, serta komponen mikrobiologi

Tabel 2.1. Kandungan unsur-unsur dalam *Leachate*

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
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 (1977)

### 2.2.3. Karakteristik Lindi

Karakteristik Lindi sangat bervariasi tergantung dari proses dalam *landfill* yang meliputi proses fisik, kimia dan biologis. Mikroorganisme di dalam sampah akan menguraikan senyawa organik yang terdapat dalam sampah menjadi senyawa

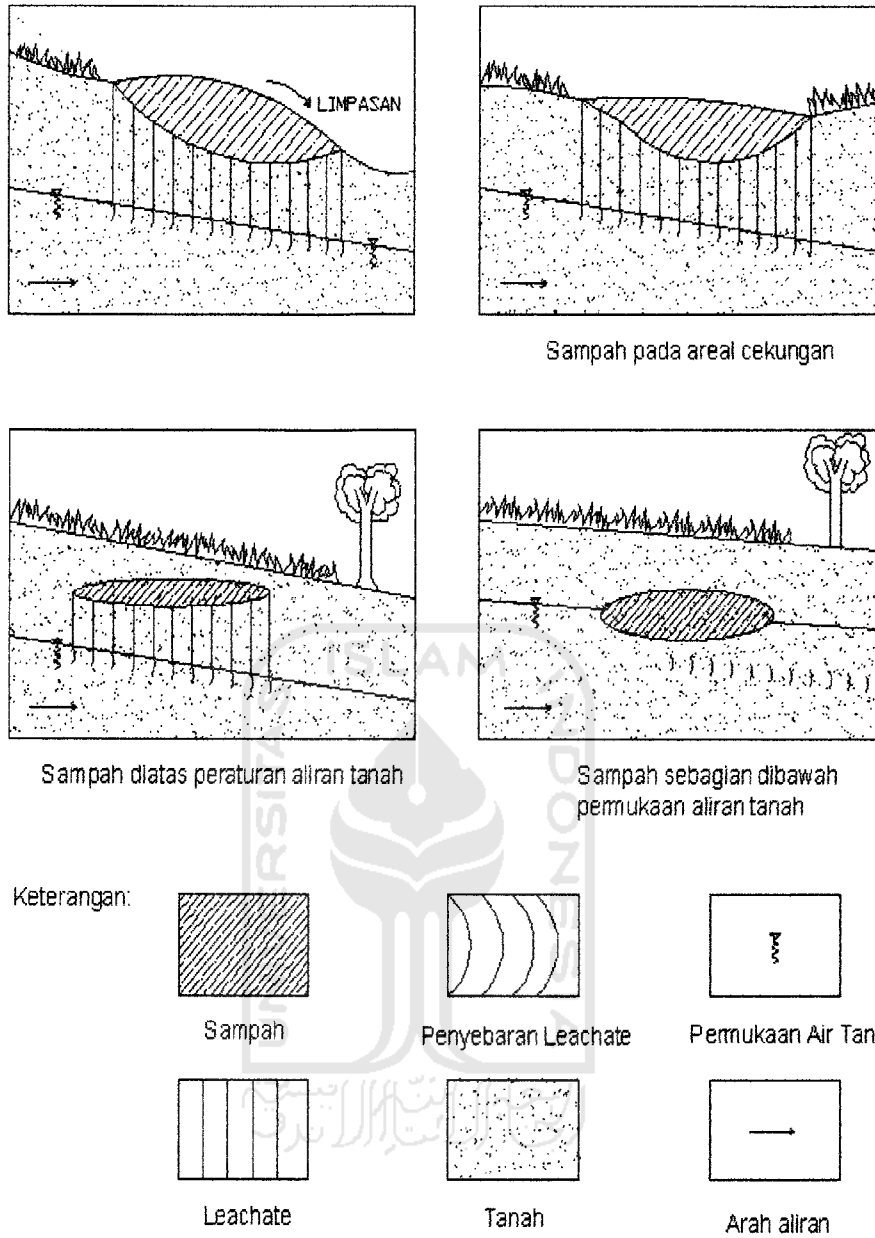
organik yang lebih sederhana, sedangkan senyawa anorganik seperti besi dan logam lain dapat teroksidasi (Tchobanoglous, 1977).

Aktivitas didalam *landfill* umumnya mengikuti suatu pola tertentu, pada mulanya sampah terkomposisi secara aerobik, tetapi setelah oksigen di dalamnya habis maka mikroorganisme fakultatif dan anerob yang menghasilkan gas methan yang tidak berbau dan berwarna. Karakteristik penguraian secara aerobik adalah timbulnya karbondioksida, air dan nitrat sebagai pengurai, sedangkan penguraian secara anaerobik menghasilkan methan, karbondioksida, air, asam organik, nitrogen, amoniak, sulfida, besi, mangan dan lain-lain.

#### **2.2.4. Pergerakan Lindi di TPA**

Lindi yang terdapat pada dasar *landfill* dapat bergerak secara horizontal/vertikal tergantung dari karakteristik premeabilitas tanah. Selama pengaliran lindi dalam tanah, nilai koefisien premeabilitas akan menurun ssesuai dengan waktu, karena reaksi yang memperkecil ukuran pori.

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



Gambar 2.2.  
Penyebaran lindi dalam air tanah

### 2.2.5. Pengaruh lindi terhadap polusi air

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

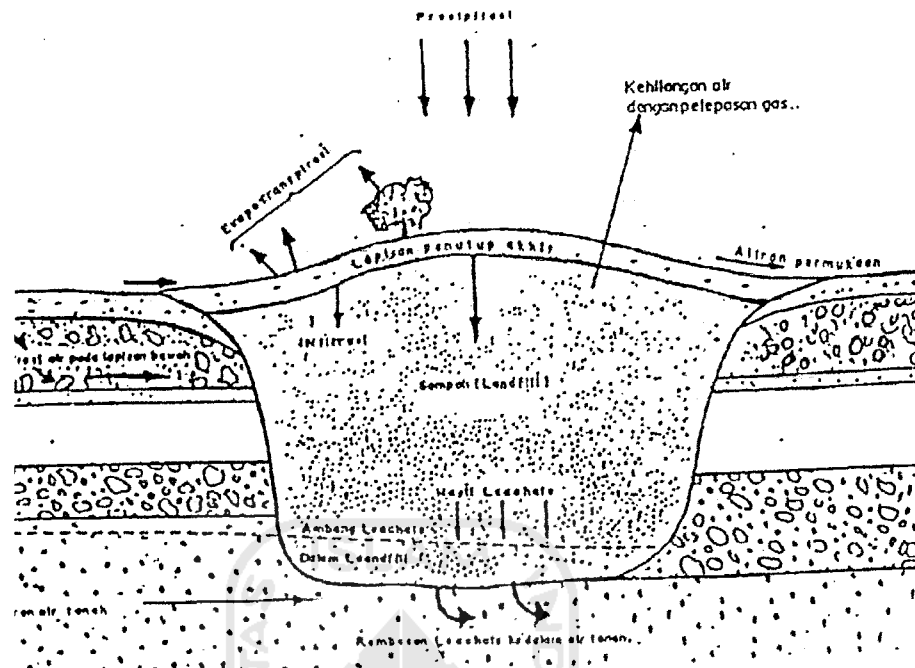
Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan tidak lagi berfungsi sesuai peruntukannya.

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

1. Mengetahui karakteristik kualitas limbah cair yang dihasilkan
2. Membandingkan nilai kualitas limbah cair dengan baku mutu kualitas limbah industri, dan menentukan beban pencemaran menurut PP No: 82 Tahun: 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air
3. Menilai efektivitas instalasi pengolahan limbah industri yang dioperasikan
4. Memprediksi pengaruh yang mungkin ditimbulkan oleh limbah cair tersebut terhadap komponen lingkungan lainnya.

Pengaruh lindi terhadap polusi air adalah sebagai berikut :

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



Gambar 2.3.

Perembesan lindi kedalam air tanah

Sumber : Chatib, 1986

### 2.3. Pengolahan Air Limbah

Tujuan utama dari pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen. Selain itu juga diperlukan tambahan pengolahan untuk menghilangkan bahan untrisi, komponen beracun, serta bahan yang tidak dapat didegradasi agar konsentrasi yang ada menjadi rendah (Sasongko, 1986).



### **2.3.1. Karakteristik Air Limbah**

Karakteristik air buangan dibedakan atas tiga karakteristik, yaitu :

#### **1. Karakteristik Fisik**

Karakteristik fisik meliputi derajat kekotoran air limbah yang dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Adapun sifat fisik tersebut adalah kekeruhan, suhu, rasa, warna dan bau.

#### **2. Karakteristik Kimia**

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

#### **3. Karakteristik Biologi**

Karakteristik biologi limbah merupakan hal yang penting karena terdapat beribu-ribu bakteri mikroorganisme lain yang terdapat didalam air limbah yang belum diolah,

### **2.4. Logam Berat**

#### **2.4.1 Pengertian Logam Berat**

Logam berat termasuk golongan logam dengan kriteria – kriteria yang sama dengan logam lainnya. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan bila logam ini berkaitan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme (palar,1994).

Karakteristik logam berat tersebut meliputi:

1. Memiliki spesifikasi yang besar.
2. Mempunyai nomor atom 22 – 34 dan 40 – 45 serta unsure-unsur lantanida dan aktanida
3. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Limbah yang mengandung logam berat dan bahan toksik tidak hanya mengganggu kesehatan lingkungan, kesejahteraan lingkungan dan kesejahteraan manusia tetapi juga dapat merubah sistem kerja biologi. Logam berat yang terkandung dalam air limbah secara sendiri – sendiri atau dalam bentuk kombinasi

terkandung dalam air limbah secara sendiri – sendiri atau dalam bentuk kombinasi dapat bersifat toksit yang mempunyai dampak besar pada seluruh komunitas air.

Pencemaran logam berat berasal dari berbagai macam kegiatan industri dan teknologi serta berbagai macam bahan produksi yang digunakan. Intensitas pencemaran badan air oleh limbah ditandai dengan adanya cemaran- cemaran toksit dan logam berat yang bersifat biokumulatif.

Pencemaran yang ditimbulkan oleh logam berat sampai kadar tertentu dapat mengganggu kesehatan manusia. Masalah yang ditimbulkan oleh unsur – unsur logam berat ini cukup rumit, karena mempunyai sifat – sifat sebagai berikut :

- a. Beracun
- b. Tidak dapat dirombak atau dihancurkan oleh organisme hidup
- c. Dapat diakumulasi dalam tubuh organisme termasuk manusia baik secara langsung maupun tidak langsung.

#### **2.4.2. Timbal (Pb)**

Timbal merupakan logam berat yang banyak terdapat di lingkungan, karena terdapat di alam dan digunakan untuk industri. Dalam sumber alam, Pb ditemukan pada batu, tanah, air, udara dan tanaman. Sumber utamanya adalah batu metamorf dengan kadar Pb berkisar antara 10-20 mg/kg (Tjoukoli Nem, 1988).

Sedangkan menurut L setiono (1985) Pb dengan berat atom 207,19 dan termasuk dalam golongan IVA dalam sistem periodik unsur adalah logam yang berwarna abu-abu kebiruan dengan kerapatan yang tinggi (11,489 ml pada suhu kamar). Pb mudah larut dalam asam nitrat yang pekatnya sedang.

#### **2.4.3. Sifat-sifat Timbal (Pb)**

Timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena sifatnya sebagai berikut :

1. Timbal mempunyai titik didih rendah sehingga jika digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik yang sederhana dan tidak mahal.

2. Timbal merupakan logam yang lunak sehingga lebih mudah diubah menjadi bentuk yang lain.
3. Sifat kimia timbal menyebabkan logam ini dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung jika kontak dengan udara lembab.
4. Timbal dapat membentuk alloy dengan logam lainnya kecuali emas dan merkuri (Fardiaz, 1992)

Selain itu timbal (Pb) juga mempunyai sifat-sifat khusus seperti ;

1. Merupakan logam yang lemah sehingga dapat dipotong dengan pisau atau tangan dan dapat dibentuk dengan mudah.
2. Merupakan logam yang tahan terhadap korosi atau karat, sehingga logam timbal sering digunakan untuk bahan coating.
3. Mempunyai titik lebur rendah ( $237,5^{\circ}\text{C}$ ).
4. Mempunyai kekerapan yang lebih besar disbanding logam-logam biasa, kecuali emas dan merkuri.
5. Merupakan penghantar listrik yang tidak baik.

#### **2.4.4. Pencemaran Timbal dalam Perairan**

Timbal (Pb) dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai bentuk dari aktivitas manusia. Secara alamiah, Pb dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Pb yang masuk ke dalam badan perairan sebagai dampak dari aktivitas kehidupan manusia ada bermacam bentuk, diantaranya adalah air buangan (limbah) dari industri yang berkaitan dengan Pb, air buangan dari pertambangan bijih timah hitam dan buangan sisa industri baterai. Buangan-buangan tersebut akan jatuh pada jalur perairan seperti anak sungai untuk kemudian akan dibawa terus menuju lautan. Umumnya jalur buangan dari bahan sisa perindustrian yang menggunakan Pb akan merusak tata lingkungan perairan yang dimasukinya (menjadi sungai dan alurnya tercemar).

Badan perairan yang mengandung senyawa atau ion-ion Pb dalam perairan melebihi konsentrasi yang sementara akan mengakibatkan kematian bagi biota

perairan tersebut. Konsentrasi Pb yang mencapai 188 ml/l, dapat membunuh ikan-ikan. Biota-biota perairan Crustacea akan mengalami kematian setelah 245 jam, bila pada badan perairan di mana biota itu berada terlarut Pb pada konsentrasi 2,75 – 49 mg/l. Sedangkan biota perairan lainnya yang dikelompokkan dalam golongan insecta akan mengalami kematian dalam rentang waktu yang lebih panjang, yaitu antara 168 – 336 jam, bila pada badan perairan tempat hidupnya terlarut 3,5 – 64 mg/l Pb (Palar, 1994)

Rangkaian akumulasi Pb dalam lingkungan perairan dapat digambarkan sebagai rantai makanan seperti berikut:

Pb → air → bahan-bahan organik → isopoda dan gol siput → ikan kecil → ikan besar → manusia.

#### **2.4.5. Bahaya Timbal Bagi Manusia**

Timbal digolongkan sebagai logam kelas B, yaitu larut dalam lemak (lipid soluble) sehingga mampu untuk melakukan penetrasi pada membran sel pada akhirnya logam timbal akan terakumulasi dalam sel dan organ manusia. Organ-organ tubuh banyak menjadi sasaran keracunan timbal seperti saraf, sistem ginjal, sistem reproduksi, sistem endokrin dan jantung. Gejala timbal diantaranya adalah kelemahan otot terutama tangan dan kaki (90 – 95%) Pb dalam tubuh terdeposit dalam tulang, depresi, sakit kepala, lemah dan lesu, serta anemia (Palar, 1994).

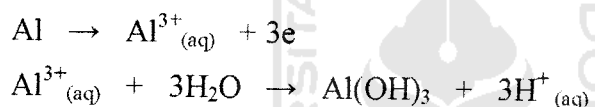
Keracunan logam Pb ke dalam tubuh manusia dapat melalui makanan dan minuman, serta perembesan atau penetrasi pada selaput atau lapisan kulit. Timbal bila masuk ke dalam tubuh manusia dalam tingkat tertentu akan memberi dampak psikologis dan saraf, termasuk fungsi hati dan darah menjadi tidak normal, menurunkan tingkat transmisi otak, menimbulkan gangguan pada fungsi enzim dan asam amino, serta mempengaruhi pembentukan sel-sel darah merah. Sedangkan senyawa Pb dalam keadaan kering terdispersi di dalam udara bila terhirup sebagian akan menumpuk di kulit dan atau terserap oleh daun tumbuhan (Palar, 1994).

## 2.5. Elektrokoagulasi

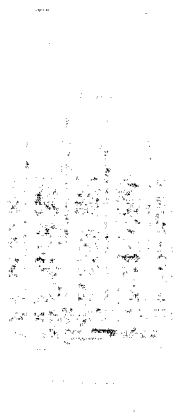
Proses koagulasi adalah proses pencampuran koagulan dengan air sedemikian rupa sehingga membentuk campuran yang homogen, yaitu koagulan tersebar merata di setiap bagian air. Koagulan yang tersebar merata disebut inti flok. Jadi larutan homogen pada proses koagulasi yaitu inti flok yang berasal dari koagulan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

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

Reaksi pembentukan inti flok  $[Al(OH)_3]$  sebagai hasil reaksi oksidasi aluminium:



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 katodanya 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 2.4. Reaktor Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi memiliki kelebihan dan kekurangan dalam mengolah limbah cair. Adapun kelebihannya 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 temperature, 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

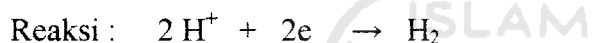
anoda yang bermuatan positif yang kemudian ion-ion tersebut dinamakan sebagai anion (bermuatan negatif).

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 :

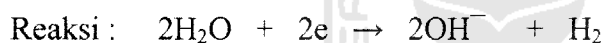
**a. Reaksi pada katoda :**

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.

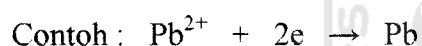
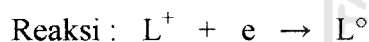


Dari daftar  $E^\circ$  (deret potensial logam atau deret volta) maka akan diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah berlangsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air) : K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, (H), Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

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

- a. Logam-logam yang terletak di sebelah kiri H memiliki  $E^\circ$  negatif sedangkan logam-logam yang terletak di sebelah kanan H memiliki  $E^\circ$  positif .
- b. Makin ke kanan letak suatu logam dalam deret volta, harga makin  $E^\circ$  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  $E^\circ$  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.

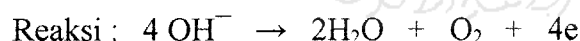


#### b. Reaksi pada anoda

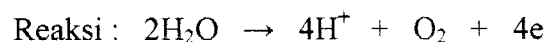
1. Anoda terbuat dari logam tembaga akan teroksidasi.



2. Ion  $\text{OH}^-$  dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksidasi ( $\text{O}_2$ ).



3. Anion-anion lain ( $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{SH}_3^-$ ) tidak dapat dioksidasi dari larutan, yang akan mengalami oksidasi adalah pelarutnya ( $\text{H}_2\text{O}$ ) membentuk gas oksigen ( $\text{O}_2$ ) pada anoda.



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



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

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

Proses pengendapan adalah pemisahan dengan pengendapan secara gravitasi dari partikel-partikel padat di dalam air. Proses dimaksud dapat menurunkan partikel-partikel discret yang mengendap dengan kecepatan konstan dan pengendapan partikel-partikel flok yang mempunyai kecepatan mengendap dipengaruhi pertambahan floknya sendiri (Benny Chotib, 1998).

### **2.5.1. Sel Elektrolisis**

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

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

### 2.5.2. Tembaga (Cu)

Tembaga dengan nama kimia cuprum dilambangkan dengan nama Cu. Unsur logam ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam table periodik unsur – unsur kimia tembaga mempunyai nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau berat atom (BA) 63,546. Tembaga murni berwarna merah dan bersifat ulet, oleh karena itu dapat dikerjakan dengan baik secara penempaan, pengelasan dan lainnya. Berat jenis tembaga murni adalah 8,29. Tembaga dalam perdagangan umumnya kurang murni dan kurang padat, karena berat jenisnya rata – rata hanya 8,2 (Wilogo, 1982). Terhadap unsur kimia tembaga kurang dapat bertahan, dalam lingkungan udara yang lembab bagian luar tembaga tersebut akan tertutup suatu lapisan kulit yang berwarna hijau yaitu tembaga asam arang (patina). Menurut Hartono dan Kaneko (1992), tembaga mempunyai sifat yang elektropositif (mulia), tembaga mudah diendapkan oleh logam yang daya hantar listriknya lebih tinggi.

### 2.5.3. Aluminium

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

Sifat-sifat aluminium menurut Sawyer (1978) adalah:

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

- b. Dalam bentuk bubuk, 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.

## 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

$$e = \frac{A_r}{n}, \text{ sehingga rumus Faraday menjadi : } W = \frac{exixt}{F}$$

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

## 2.7. 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 air, 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.

## 2.8 Hipotesa

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

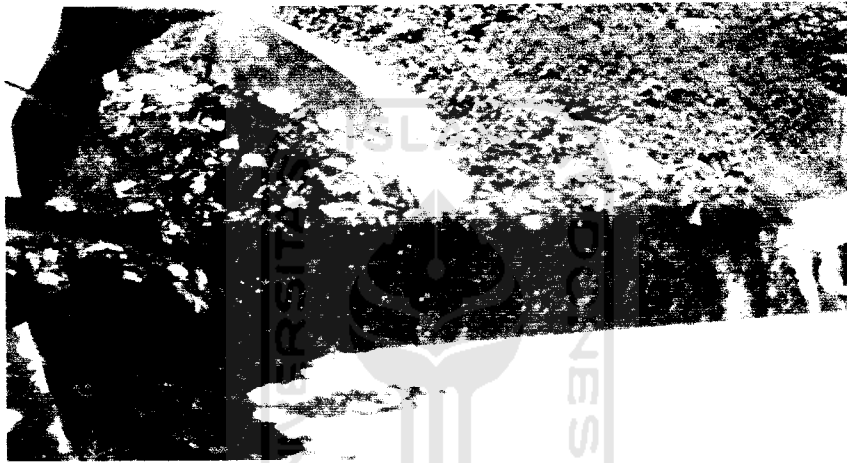
1. Variasi waktu kontak dan dosis koagulan berpengaruh terhadap efisiensi penurunan kadar Pb pada Lindi.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Lokasi Penelitian**

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



Gambar 3.1. Lokasi pengambilan sampel lindi TPA Piyungan

#### **3.2. Obyek Penelitian**

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

### 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. Kuat arus yang dipakai 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 Pb dalam Lindi (Leachate) Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Yogyakarta.

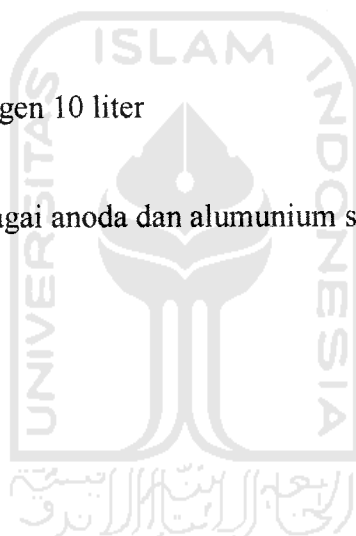
### 3.5. Tahap pelaksanaan percobaan

#### 3.5.1. Bahan Penelitian

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

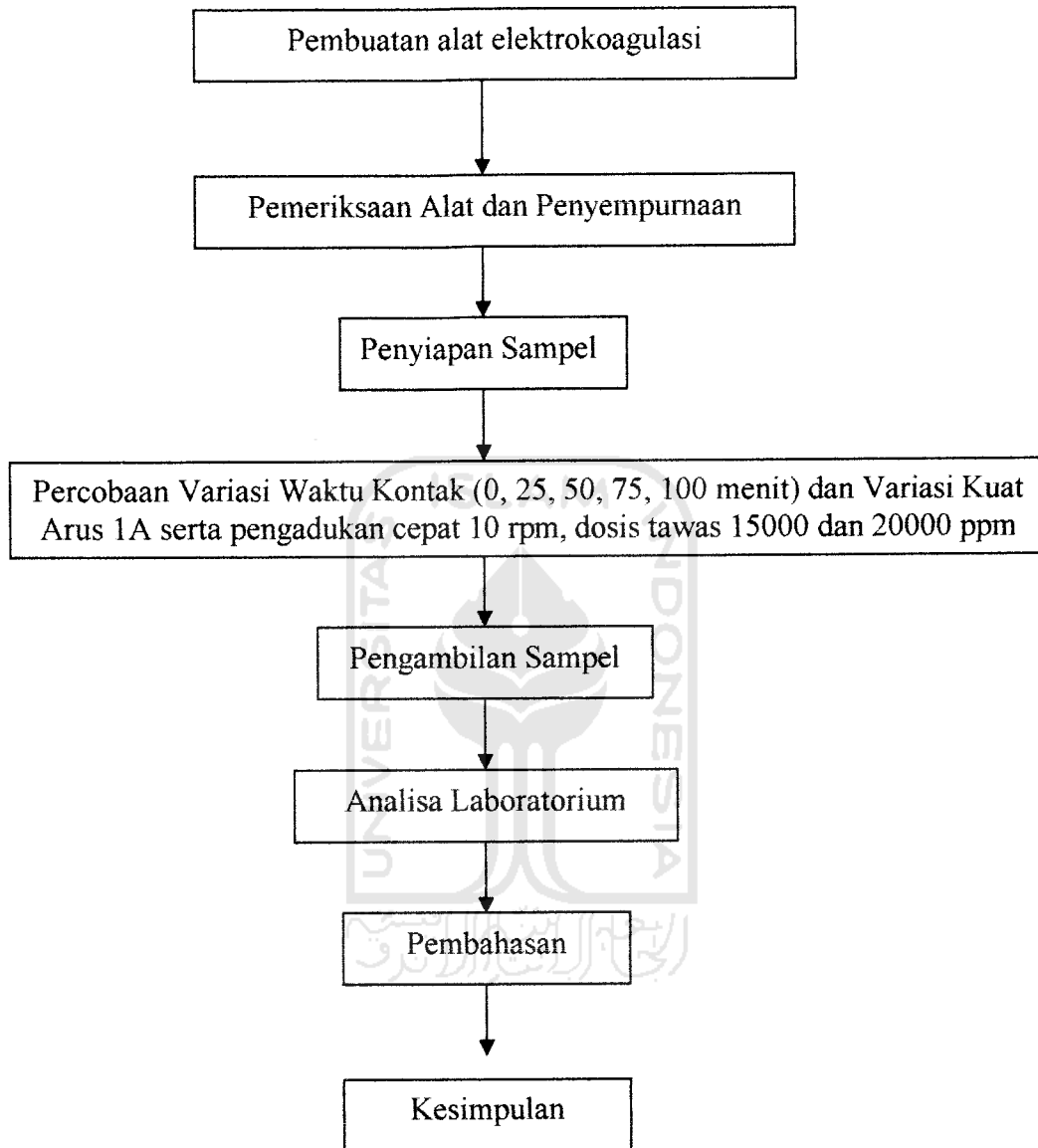
### 3.5.2. Alat yang digunakan dalam penelitian

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



### 3.6. Tahap 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 refresentatif di bak penampungan. Kemudian sebelum diambil limbah diaduk terlebih dahulu agar terjadi pencampuran yang merata, kemudian diambil dengan menggunakan gayung, lindi di masukkan kedalam dirigen dengan gayung dan corong. Dirigen diisi penuh lalu dibawa untuk dilakukan penelitian.

#### 3.7.2. Pembuatan Alat Elektrokoagulasi

Pembuatan alat elektrokoagulasi ini terdiri dari tiga komponen penting yaitu:

##### 1. Bak elektrokoagulasi

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

##### 2. Bak *Baffle Channel Flocculator*

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

##### 3. Bak Sedimentasi

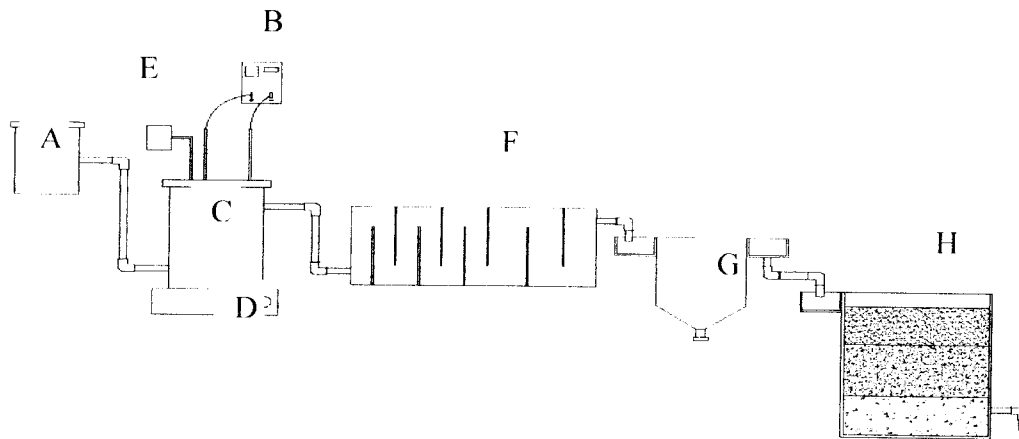
Dimensi bak terdiri dari panjang 40 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Bak ini terbuat dari fiber glass dengan tebal 0,3 cm.

##### 4. Bak Filtrasi

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

##### 5. Elektroda katoda dan anoda

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



Gambar 3.2. 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. Membubuhkan tawas 15.000 ppm ke dalam bak penampung perlahan – lahan sambil diaduk rata.
7. Bak elektrokoagulasi diisi limbah yang akan diolah dengan cara membuka kran out-let pada bak penampung dengan debit 240 ml/menit
8. Hidupkan *magnetic steerer barr*, di set dengan kecepatan 10 rpm.
9. Masukkan selang aerator ke dalam bak Elektrokoagulasi kemudian dihidupkan.
10. Setelah mencapai debit 6 liter secara otomatis, limbah mengalir ke bak *baffle channel flocculator*.
11. Selang beberapa menit kemudian, air limbah dialirkan menuju ke bak sedimentasi.
12. Mengambil sampel untuk pemeriksaan untuk 0 waktu.
13. Effluen hasil pengolahan 1 Ampere pada bak sedimentasi tersebut ditampung dalam botol sebanyak 1 liter setelah waktu kontak 25 menit, 50 menit, 75 menit, 100 menit dan diberi label.
14. Dari sedimentasi limbah tersebut dialirkan ke filtrasi dan diambil sampelnya pada effluen kedalam botol sebanyak 1 liter 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.
15. Untuk percobaan dengan dosis tawas 20000 ppm serta waktu kontaknya dilakukan dengan langkah yang sama seperti 15000 ppm.
16. Air sampel diperiksa kadar Pb

### 3.8. Analisis Data

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

Perhitungan efisiensi :

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

Dimana :

E = Efisiensi

$S_1$  = Kadar Pb sebelum *treatment*

$S_2$  = Kadar Pb sesudah *treatment*



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Desain Alat

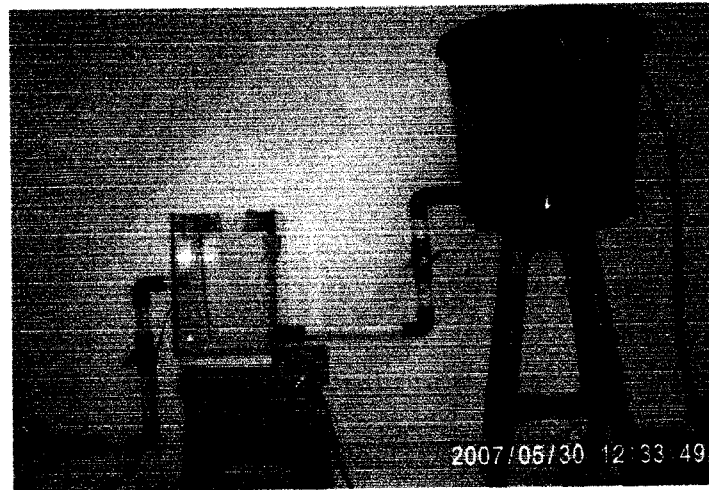
Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah bak Elektrokoagulasi, bak *baffle channel flocculator*, bak sedimentasi, dan bak Filtrasi.

##### 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 koagulan.

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/det<sup>2</sup>)

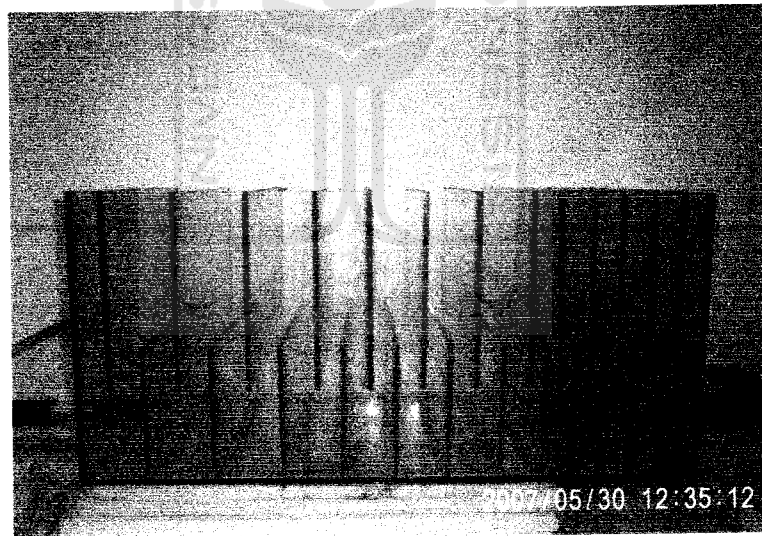
Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/det)

$\mu$  = viskositas absolut (kg/m.det)

$\rho$  = berat jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

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.

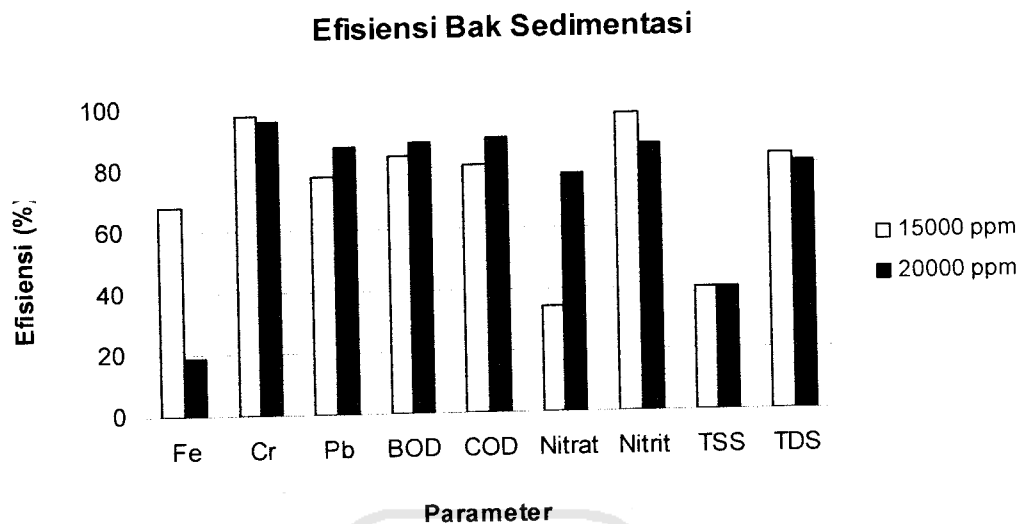


Gambar 4.3. Bak sedimentasi

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



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



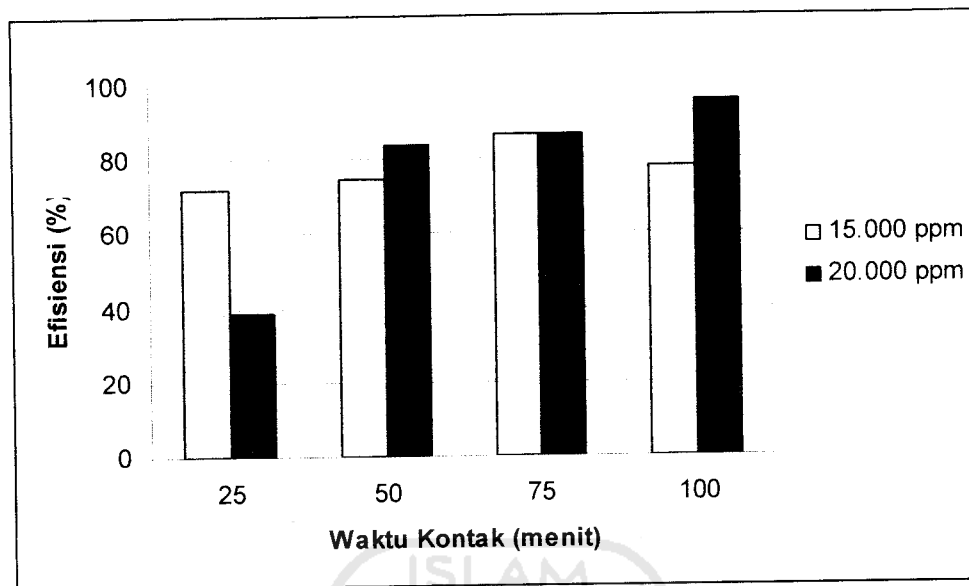
Gambar 4.4. Grafik Efisiensi bak sedimentasi

Pada grafik 4.4 dapat dilihat 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.

Untuk efisiensi parameter Pb pada bak sedimentasi dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.5. Hubungan efisiensi penurunan konsentrasi Pb dengan variasi waktu kontak dan dosis koagulan pada bak sedimentasi

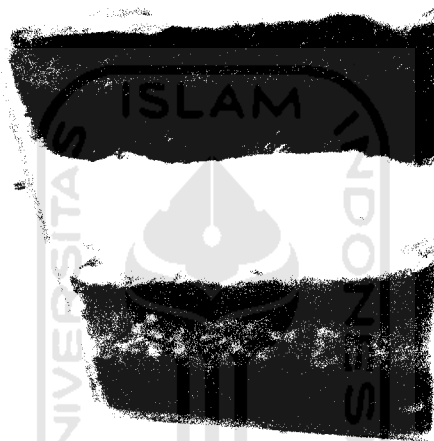
Dari grafik 4.5. dapat dilihat efisiensi bak sedimentasi setiap variasi koagulan yang berkisar antara 40 – 96 %. Pada dosis tawas 15.000 pm menunjukkan tidak stabilnya efisiensi tiap variasi waktu dimungkinkan ada persoalan dalam pengujian. Faktor lain yang berpengaruh pada peningkatan konsentrasi setiap variasi waktu percobaan adalah pada saat terjadi proses sebelum limbah dipompa ke inlet, tidak terjadi pengadukan yang sempurna pada bak penampung limbah tersebut (konsentrasi limbah pada bak penampung tidak homogen). Serta aliran yang bersifat turbulen yang menjadikan aliran tidak stabil. Dari gambar 4.5. menunjukkan efisiensi Pb pada bak sedimentasi dengan dosis tawas 15.000 ppm yang diolah dengan waktu 75 menit merupakan efisiensi yang paling optimum sebesar : 86.82 %.

Pada dosis tawas 20.000 ppm efisiensi Pb terlihat sangat bagus, terbukti bahwa semakin lama waktu kontak, efisiensi yang dihasilkan bertambah besar, sehingga efisiensi optimum berada pada waktu kontak 100 menit sebesar 95, 81 %. Dengan dosis tawas 20.000 ppm membuktikan bahwa Konsentrasi Pb hasil *treatment* elektrokoagulasi pada waktu kontak 100 menit sudah dibawah baku mutu kelas IV PP

No: 82 Tahun : 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air sebesar 1 mg/l. Data dapat dilihat pada lampiran.

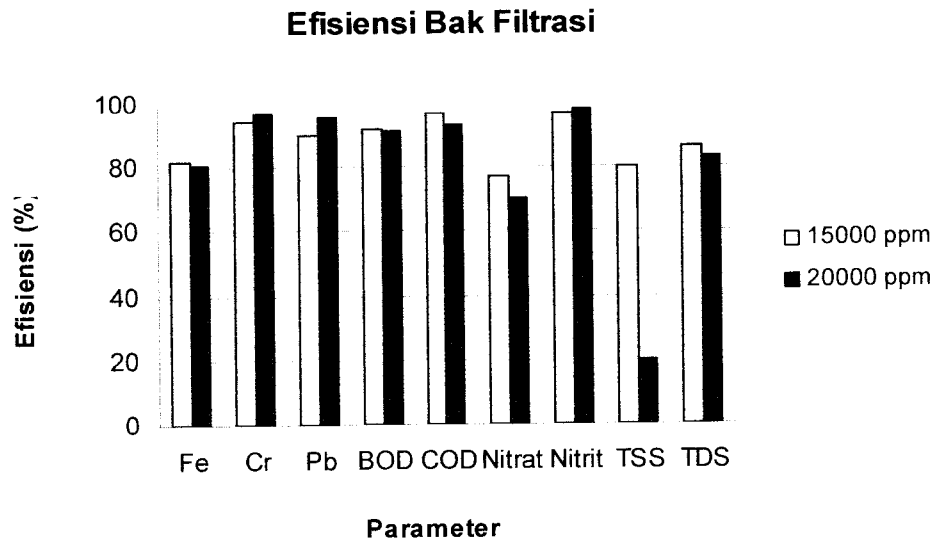
#### 4.1.4 Bak Filtrasi

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 4.6. 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.



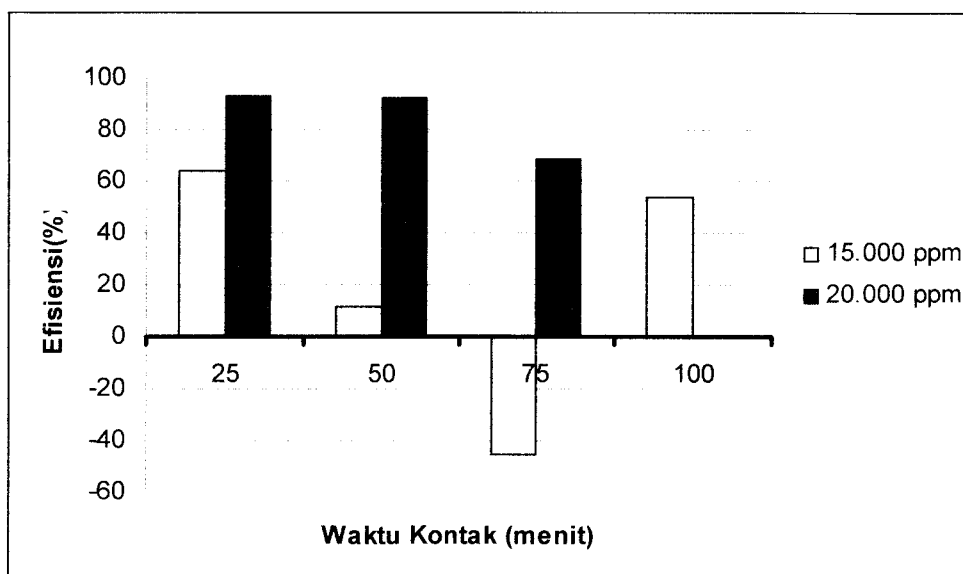
Gambar 4.7. Efisiensi bak filtrasi

Pada gambar 4.7.. 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 %.

Untuk efisiensi parameter Pb pada bak filtrasi dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.8. Hubungan efisiensi penurunan konsentrasi Pb dengan variasi waktu kontak dan dosis koagulan pada bak filtrasi

Dari gambar 4.8. dapat dilihat efisiensi bak filtrasi setiap variasi koagulan yang berkisar antara 12 – 93 %. Pada dosis tawas 15.000 ppm efisiensi terlihat fluktuatif hal ini dimungkinkan ada persoalan dalam pengujian. Faktor lain yang berpengaruh pada penurunan konsentrasi setiap variasi waktu percobaan adalah pada saat terjadi proses sebelum limbah dipompa ke inlet, tidak terjadi pengadukan yang sempurna pada bak penampung limbah tersebut (konsentrasi limbah pada bak penampung tidak homogen). Serta aliran yang bersifat turbulen yang menjadikan aliran tidak stabil.

Pada dosis tawas 20.000 ppm terjadi penurunan yang sangat signifikan, hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi Pb dalam lindi pada proses elektrokogulasi dengan menggunakan bak filtrasi tidak berpengaruh, semakin lama waktu kontak efisiensi yang dihasilkan bertambah kecil dan pada waktu kontak 100 menit sama sekali tidak terjadi efisiensi = 0.

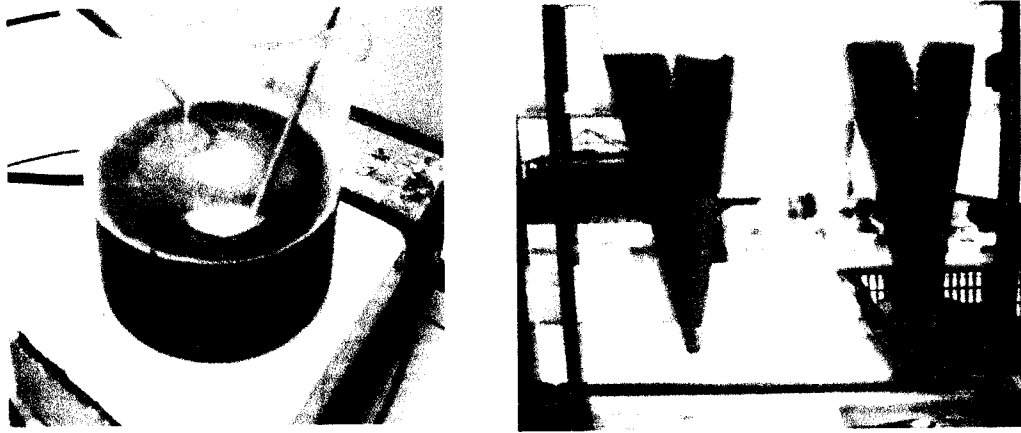
Dapat disimpulkan bahwa bak filtrasi tidak berfungsi untuk penurunan konsentrasi Pb. Walaupun efisiensi tertinggi terjadi pada waktu 25 menit, tetapi menunjukkan peningkatan konsentrasi Pb setelah pengolah di bak sedimentasi.

#### 4.2. Percobaan Awal

Ada beberapa hal yang dilakukan sebelum melakukan penelitian sesungguhnya. Pada penelitian ini dilakukan penelitian awal yaitu tanpa koagulan tambahan dalam proses elektrokoagulasi. Diambil sampel air limbah masing-masing sebanyak 500 ml, kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass yang berkapasitas 1000 ml sebanyak 2 buah. 2 buah *beaker glass* yang berisi air baku tadi diletakkan di atas masing-masing *magnetic steer barr* yang kemudian masukan *steer barr* ke dalam *beaker glass*. Celupkan batangan aluminium ke dalam *beaker glass*. Batangan aluminium satu disambungkan ke kutub positif adaptor sebagai anoda dan satu batang aluminium lainnya disambungkan ke kutub negatif adaptor. Tetapi ada perbedaan dalam kecepatan putaran yaitu salah satunya ada yang 5 rpm dan 10 rpm. Kemudian adaptor dinyalakan di set ke tegangan sebesar 12 volt, serta *magnetic steer barr* dihidupkan dengan putaran sebesar 5 rpm dan 10 rpm. Ditunggu selama 20 menit. Setelah 20 menit, adaptor serta *magnetic steer barr* dimatikan. Sampel diambil, kemudian dimasukkan ke dalam tabung imhoff. Kemudian diulangi dengan perlakuan yang sama tetapi beda waktu kontak yaitu 60 menit. Setelah melewati proses yang sama sampel diambil, kemudian dimasukkan ke dalam tabung imhoff. Hasil yang dicapai :

Tabel 4.1. Tabel percobaan *elektrokoagulasi* tanpa koagulan

Pengadukan (rpm)	Waktu (menit)	pH	Pengendapan (menit)
5	20	8	30
5	60	8	45
10	20	8	30
10	60	8	50



Gambar 4.9. Elektrokoagulasi tanpa koagulan

Dari hasil pengamatan tersebut disimpulkan bahwa dalam variasi kecepatan pengadukan akan berpengaruh pada waktu pengendapan dalam tabung imhoff. Dimana dengan kecepatan 10 rpm waktu pengendapan lebih lama dibandingkan kecepatan 5 rpm. Dari kedua percobaan tersebut tidak menunjukkan perubahan warna. Sampel awal yang berwarna coklat kehitaman setelah diolah menjadi berwarna coklat, sehingga perubahan warna yang diamati secara visual tidak mengalami perubahan yang besar. Oleh sebab itu analisis melakukan percobaan lagi mengetahui Jenis dan dosis koagulan, batangan elektroda dan waktu kontak yang tepat.

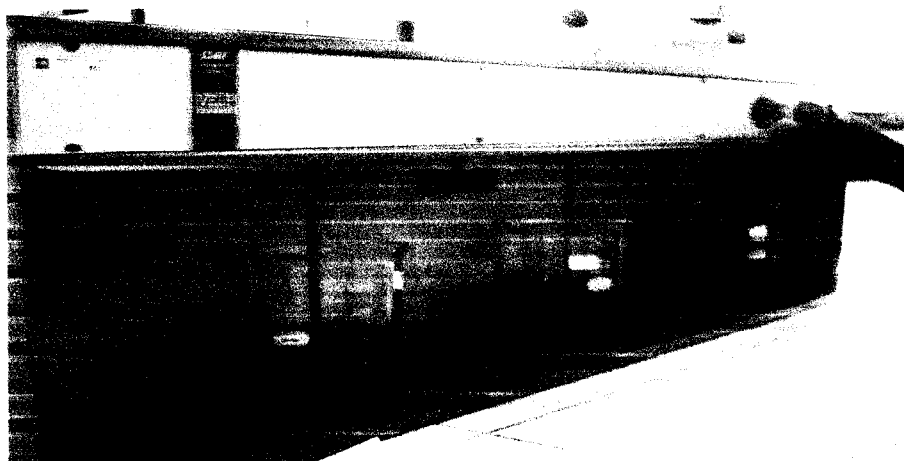
#### 4.2.1. Jenis dan dosis koagulan

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 4.10. Percobaan *jar test*

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

1. Tawas ( $Al_2SO_4$ )

Di ambil contoh air limbah masing-masing sebanyak 500 ml, kemudian dimasukkan kedalam beaker jar test yang berkapasitas 1000 ml sebanyak 3 buah. Beaker jar test yang berisi air baku tadi diletakkan diatas mesin pengaduk. Kemudian ditambahkan pada masing-masing beaker jar test Aluminium sulfat (alum) dengan konsentrasi 1, 3, dan 5 gr/500ml. Kemudian dilakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit. Setelah 2 menit, kecepatan pengadukan diturunkan menjadi 80 rpm dan diaduk selama 4 menit. Setelah 4 menit berakhir, dilakukan slow mix II dengan menurunkan kecepatan putar sampai 20 rpm dan diaduk lagi selama 4 menit. Setelah slow mix II selesai, mesin pengaduk dimatikan. Kemudian hasil percobaan tadi dimasukkan ke dalam tabung imhoff. Setelah itu waktu pengendapan, pH, serta suhu diukur. Waktu pengendapan = 30 menit; pH = 8; suhu = 27 °C.





Gambar 4.11. Percobaan *jar test* dengan menggunakan tawas

## 2. Ferro Sulfat ( $\text{FeSO}_4$ )

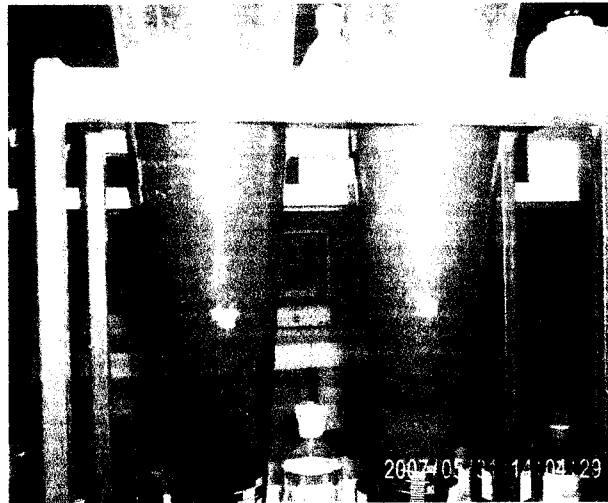
Di ambil contoh air limbah masing-masing sebanyak 500 ml, kemudian dimasukkan kedalam beaker jar test yang berkapasitas 1000 ml sebanyak 3 buah. Beaker jar test yang berisi air baku tadi diletakkan diatas mesin pengaduk. Kemudian ditambahkan pada masing-masing beaker jar test Ferro Sulfat dengan konsentrasi 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 4.12. Percobaan *jar test* dengan menggunakan Ferro sulfat

### 3. Ferro Sulfat ( $\text{FeSO}_4$ ) + Kapur Tohor ( $\text{CaOH}$ )

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 ( $\text{CaOH}$ ) 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 =  $27^\circ\text{C}$



Gambar 4.13. 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 4.2. Tabel percobaan *jar test* dengan variasi koagulan

Parameter	<i>Jar Test</i>		
	Tawas ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ )	Ferro Sulfat ( $\text{FeSO}_4$ )	Ferro Sulfat ( $\text{FeSO}_4$ ) + Kapur Tohor ( $\text{CaOH}$ )
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 4.14. Percobaan elektrokoagulasi dengan tawas

##### 1. Dosis tawas 5, 10, 15 gr/500 ml tanpa aerator

Ketiga percobaan ini dilakukan selama 20 menit, pada tegangan 40 volt. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengambil air 500ml kemudian dimasukan kedalam *beaker glass* 1000 ml. Setelah itu letakkan diatas *magnetic steer barr* kemudian masukan *steer barr* ke dalam *beaker glass*. Celupkan batangan aluminium ke dalam *beaker glass*. Batangan aluminium satu disambungkan ke kutub positif adaptor sebagai anoda dan satu batang aluminium lainnya disambungkan ke kutub negatif adaptor sebagai katoda.

Setelah semua siap, 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 :

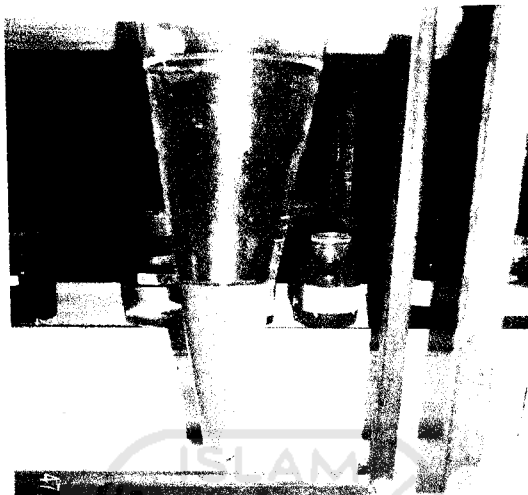
- a. Dosis tawas 5 gr/500ml  
pH = 7; suhu 40°C, waktu pengendapan = 40 menit
- b. Dosis tawas 10 gr/500ml  
pH = 7; suhu 40°C, waktu pengendapan = 35 menit
- c. Dosis tawas 15 gr/500ml  
pH = 5; suhu 44°C, waktu pengendapan = 42 menit

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 dimasukkan kedalam *beaker glass* 1000 ml. Setelah itu letakkan diatas *magnetic steer barr* kemudian masukan *steer barr* ke dalam *beaker glass*. Celupkan batangan aluminium ke dalam *beaker glass*. Batangan aluminium satu disambungkan ke kutub positif adaptor sebagai anoda dan satu batang aluminium lainnya disambungkan ke kutub negatif adaptor sebagai katoda. Setelah semua siap, dimasukkan 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 4.15. Percobaan elektrokoagulasi menggunakan tawas 8 gr/500ml

Kesimpulan dari keseluruhan percobaan elektrokoagulasi diatas, perubahan warna yang paling krusial terjadi pada dosis tawas 8 gr/500ml dengan menggunakan aerator. Warna yang dihasilkan lebih jernih dari 5 percobaan lainnya yang menggunakan elektrokoagulasi. Disimpulkan juga penggunaan batang aluminium dengan hantaran listrik akan memicu kenaikan suhu yang tinggi seperti yang terlihat pada dosis tawas 8 gr/500ml sebesar 64°C. Serta tidak terjadi perubahan pH pada saat percobaan dengan menggunakan aerator, sebaliknya terjadi variasi perubahan pH pada saat percobaan yang tidak menggunakan aerator. Batangan anoda pada keseluruhan percobaan ini mengalami pengikisan, peristiwa ini dinamakan "*sacrificial electrodes*" (Beagles, 2004).

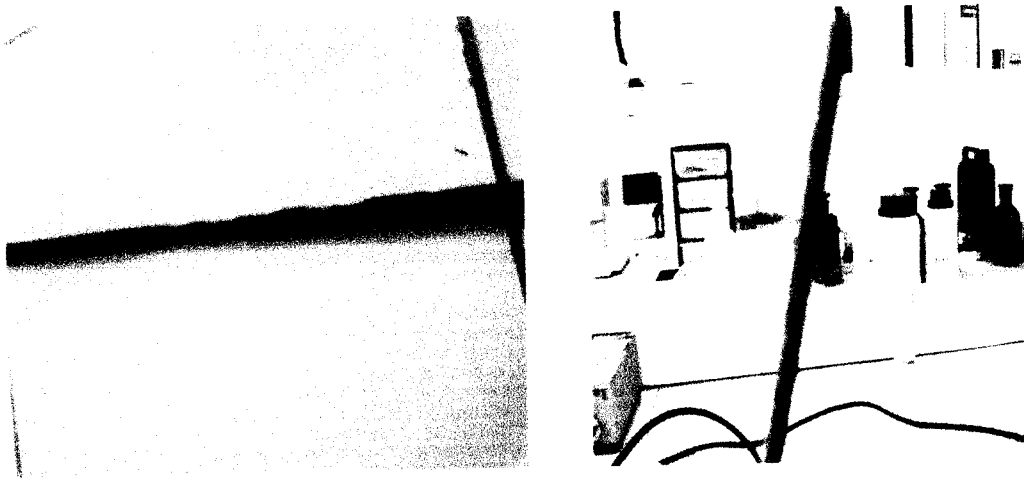
Tabel 4.3. Tabel percobaan elektrokoagulasi dengan variasi dosis tawas

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 4.16. 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

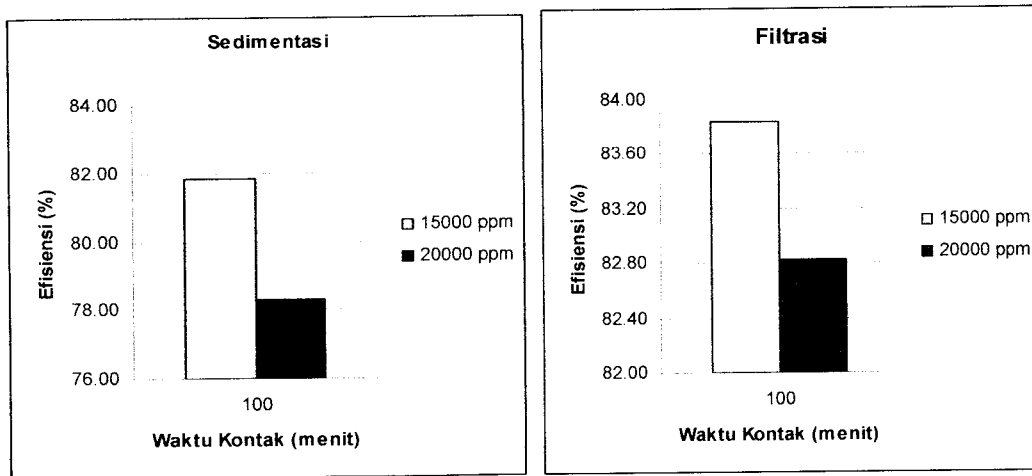
pH mempengaruhi toksisitas senyawa kimia. Mackereth *al.* (1989) berpendapat bahwa pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah (Novotny dan Olem dalam Effendi, 2003).

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

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

#### 4.3.2. DHL

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

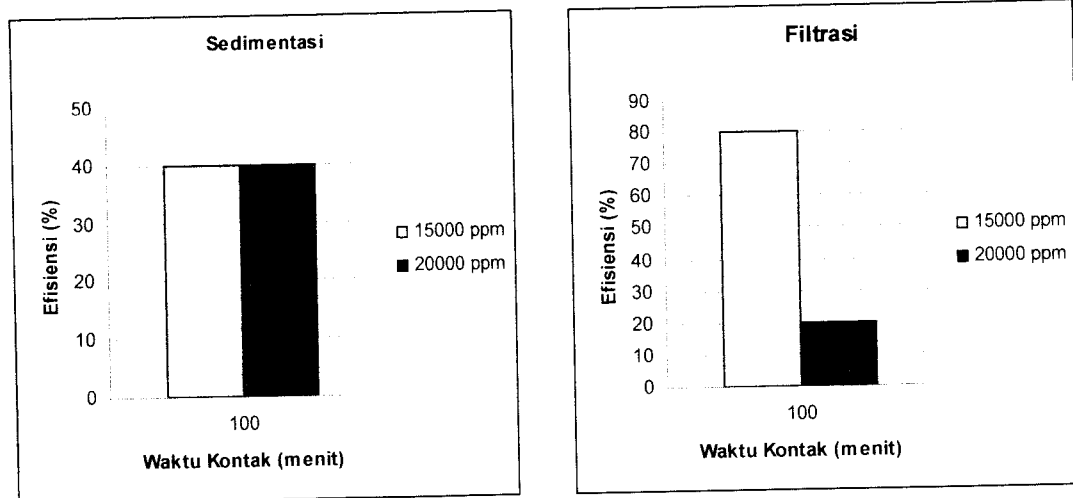


Gambar 4.17. Grafik Efisiensi DHL dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Berdasarkan Grafik 4.3 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 Baku Mutu Kelas IV dari PP No. 82 Thn 2001 besar 400ppm.



Gambar 4.18. Grafik. 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 4.18. 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/diameter partikel-partikel tersebut.

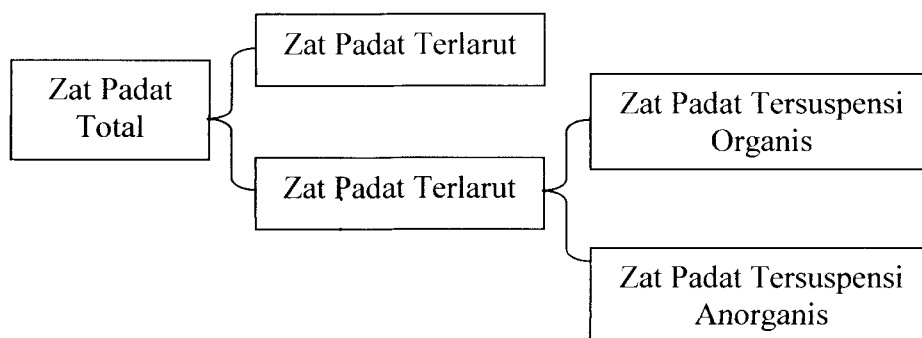
Analisa zat padat dalam air, sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan data dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai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

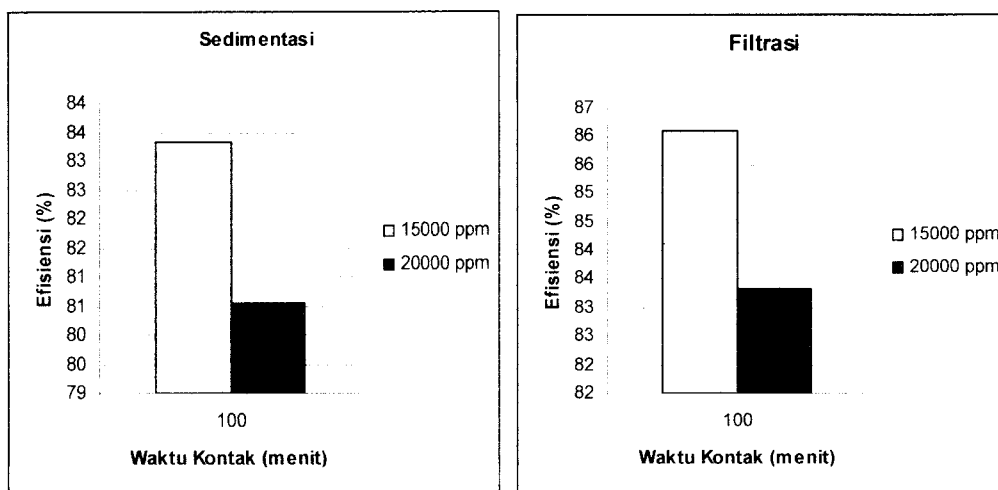


Gambar 4.19. Skema Zat Padat Total

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

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

Padatan terlarut total (*Total Dissolved Solids*) adalah bahan-bahan terlarut ( $\text{diameter} > 10^{-6}$  mm) dan koloid ( $\text{diameter} > 10^{-6} - 10^{-3}$  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 4.20. Grafik 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 ialah suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan derajat kegelapan didalam air yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang. Kekeruhan sangat berhubungan erat dengan warna perairan, sedangkan konsentrasinya sangat memengaruhi kecerahan dengan cara membatasi transmisi sinar matahari kedalamnya (Swingle, 1968).

### **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 : Alizarin, Indanthren 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)

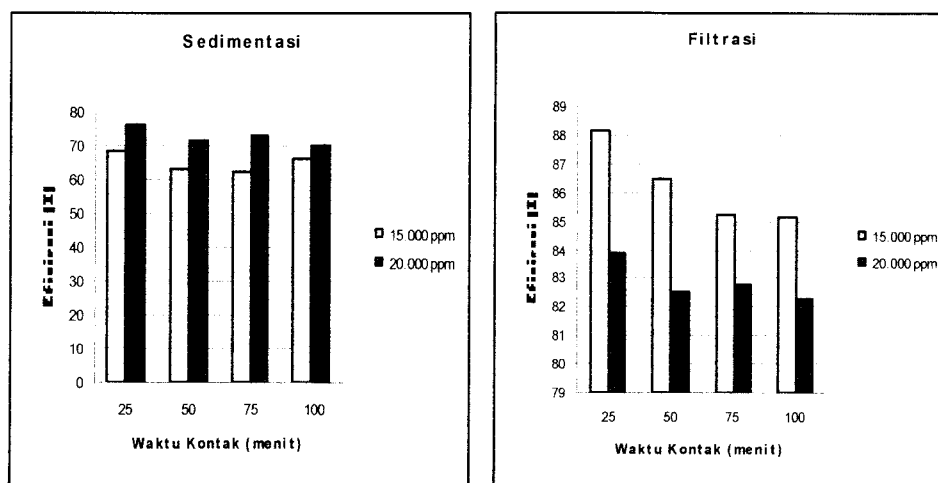
#### **2. Zat Warna Sintesis**

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 4.21. Grafik Efisiensi warna dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Dari gambar 4.18 terlihat persentase penurunan kadar warna yang cukup besar setelah melalui proses elektrokoagulasi dan sedimentasi. Penurunan yang optimum terjadi pada 25 menit di filtrasi, pada dosis tawas 15000 ppm sebesar 88.17% dan dosis tawas 20000 ppm sebesar 83.90%.

Seperti yang telah ditunjukkan pada tabel 4.3 ternyata kadar warna yang telah mengalami pengolahan secara elektrokoagulasi dan dilanjutkan sedimentasi serta filtrasi, mengalami penurunan. Hasil pengolahan yang optimum didapatkan pada pengolahan filtrasi, yaitu dari 3799.55 PtCo menjadi 453.075 PtCo pada 25 menit filtrasi dengan dosis tawas 15.000 ppm dan 611.85 PtCo pada 25 menit filtrasi dengan dosis tawas 20.000 ppm. Dari pengolahan tersebut dapat diamati secara visual karena terjadi perubahan warna dari yang berwarna coklat kehitam-hitaman menjadi berwarna kuning bening. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan koagulan tawas. Warna yang timbul pada perairan disebabkan oleh buangan industri di hulu sungai atau dapat juga berasal dari bahan hancuran sisi-sisi tumbuhan oleh bakteri. Santanniello (1971) menyatakan bahwa industri – industri yang mengeluarkan warna adalah kertas dan pulp, tekstil, petrokimia dan kimia.



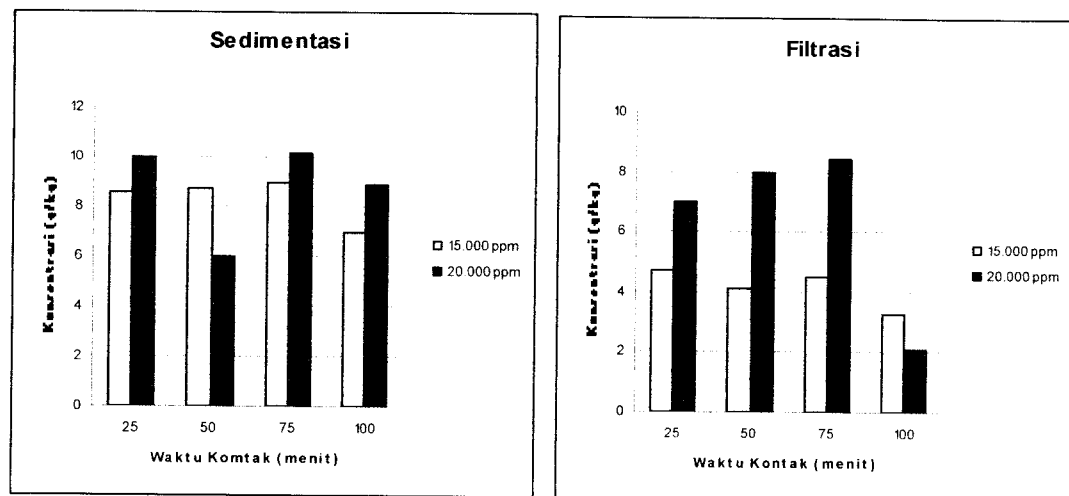
Warna juga dapat menghambat penetrasi cahaya kedalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis yang mengandung 50 warna. Air yang digunakan masyarakat umum diijinkan dengan kriteria bahwa air tersebut tidak lebih dari 75 unit warna (standar kobal-platinum), sedangkan yang disarankan tidak 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 iodida diganti oleh klorida, dan semua bahan organik telah dioksidasi.

Berdasarkan hasil pemeriksaan awal air limbah lindi sebelum proses elektrokoagulasi dari parameter salinitas (garam NaCl) hasilnya sangat tinggi sehingga air limbah lindi menjadi kecoklatan dan dapat mencemari lingkungan. Hasil salinitas yang dihasilkan melebihi ambang batas. Proses penurunan dan kenaikan salinitas dengan menggunakan proses elektrokoagulasi, dengan adanya perubahan waktu kontak dan dosis koagulan maka akan berpengaruh terhadap terjadinya penurunan nilai konsentrasi salinitas dalam limbah cair leachate (lindi) yang terdapat pada tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan.



Gambar 4.22. Efisiensi salinitas dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

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

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

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan proses elektrokoagulasi mampu menurunkan kadar salinitas (garam NaCl) pada air lindi. Variasi waktu kontak dan dosis koagulan, memiliki kemampuan yang berbeda untuk menurunkan kadar salinitas (NaCl). Pada sedimentasi hasilnya belum dapat menurunkan kadar salinitas

(garam NaCl) hingga mencapai hasil yang sesuai dengan baku mutu air bersih sesuai dengan peraturan Menteri Kesehatan No. 416/Menkes/Per/IX/1990 karena dengan variasi waktu kontak dan dosis koagulan yang berbeda maka mengalami kenaikan dan penurunan yang berbeda yang masih belum maksimal dan dengan adanya aliran air yang turbulen juga dapat mengakibatkan kenaikan kadar salinitas, maka sesudah dari pengolahan sedimentasi dilanjutkan kembali pada proses filtrasi sehingga kadar salinitas mengalami penurunan, sehingga didapatkan hasil yang memenuhi baku mutu air bersih.

#### **4.3.7. Suhu**

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

#### **4.3.8. DO**

Oksigen terlarut merupakan parameter untuk mengetahui kandungan oksigen dalam air maupun air buangan. Jumlah oksigen terlarut juga dipengaruhi oleh suhu. Hubungan suhu dan DO berbanding terbalik yaitu bila suhu tinggi kandungan oksigen terlarut rendah dan sebaliknya bila suhu rendah DO tinggi. Dari hasil penelitian, pada saat proses pengujian sampel awal didapat hasil DO nya 9,67 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 15.000 ppm di

sedimentasi pada waktu 25 menit = 8.75 mg/l; pada waktu 50 menit = 6.44 mg/l; pada waktu 75 menit = 7.9 mg/l; pada waktu 100 menit = 6.44 mg/l. selanjutnya di Rapid sand filter didapatkan hasil pada waktu 25 menit = 7,43 mg/l ; pada waktu 50 menit = 7,18 mg/l ; pada waktu 75 menit = 6,19 mg/l; pada waktu 100 menit = 6,19 mg/l, dapat dilihat dari hasil diatas terlihat penurunan pada media sedimentasi ke Rapid sand filter. Selanjutnya DO segera sampel dengan kadar tawas sebesar 20.000 ppm di sedimentasi pada waktu 25 menit = 13.36 mg/l; pada waktu 50 menit = 13.04 mg/l; pada waktu 75 menit = 9.74 mg/l; pada waktu 100 menit = 9.4 mg/l. selanjutnya di Rapid sand filter didapatkan hasil pada waktu 25 menit = 10.24 mg/l ; pada waktu 50 menit = 9.4 mg/l ; pada waktu 75 menit = 9.74 mg/l; pada waktu 100 menit = 8.08 mg/l, dapat dilihat dari hasil diatas terlihat penurunan pada media sedimentasi ke Rapid sand filter. Nilai yang didapat diatas selanjutnya untuk mengetahui kandungan BOD yang di inkubasikan selama 5 hari dalam suhu 20°C.

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

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

#### 4.4. Konsentrasi Awal Logam Pb dalam lindi TPA Piyungan

Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengujian awal terhadap kandungan Timbal pada lindi TPA Piyungan. Konsentrasi awal logam Pb dalam lindi TPA Piyungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 4.4. Hasil Pengujian Awal Konsentrasi Pb**

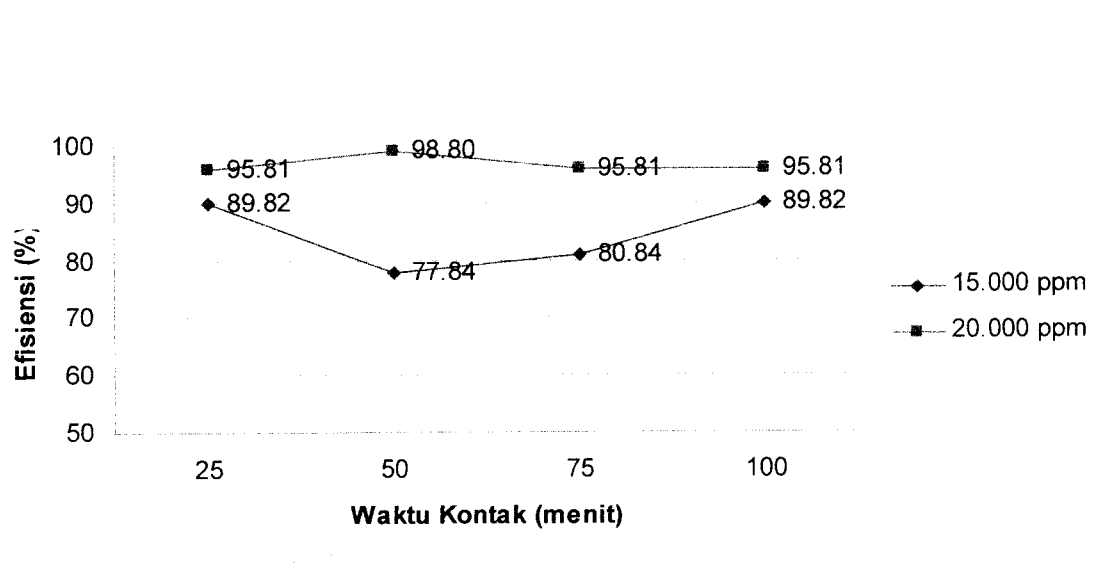
No.	Absorbansi	Konsentrasi Pb (mg/L)	Alat Uji	Metode Uji
1.	0.0033	1.4034	AAS	SNI 06-6989.8-2004

*Sumber : Data Primer 2007*

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air lindi TPA Piyungan untuk parameter Pb belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air karena masih jauh di batas ambang sebesar 1 mg/L Baku Mutu Kelas IV dari PP No. 82 th 2001.

##### 4.4.1. Variasi Dosis koagulan dan Waktu Kontak.

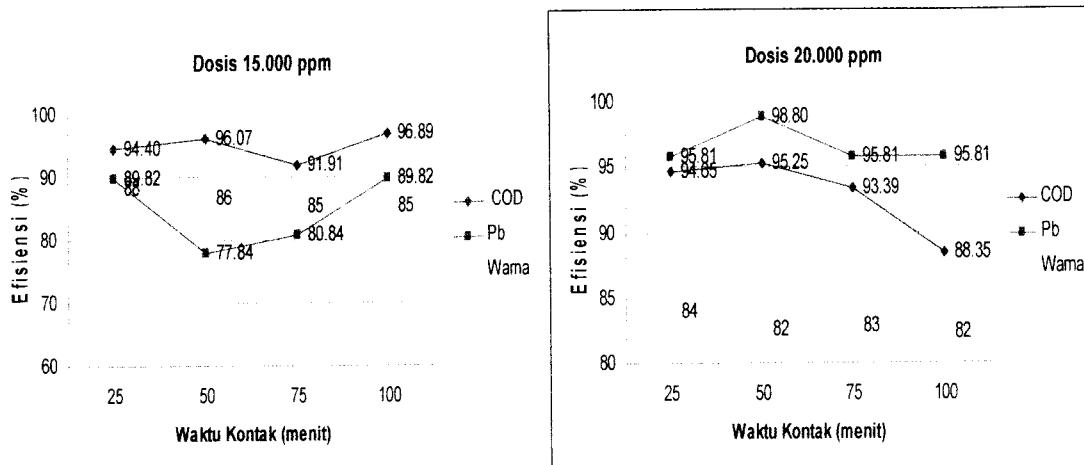
Hasil penelitian lindi yang mengandung kadar Pb menunjukkan terjadinya penurunan kadar Pb pada lindi tersebut dengan hasil yang bervariasi. Koagulan yang digunakan adalah tawas, dosis yang digunakan bervariasi yaitu 15.000 ppm dan 20.000 ppm yang disertai variasi waktu kontak yaitu 25 menit, 50 menit, 75 menit, 100 menit. Dari serangkaian proses pengolahan yang dilakukan, analisis menghitung efisiensi removal (inlet – outlet). Inlet : Konsentrasi awal lindi yang mengandung Pb, Outlet : Konsentrasi akhir lindi setelah mengalami proses pengolahan yang diambil pada bak filtrasi. Didapatkan hasil seperti grafik dibawah ini :



Gambar 4.23. Hubungan efisiensi penurunan konsentrasi Pb dengan variasi waktu kontak dan dosis tawas

Berdasarkan data diatas, dapat dilihat efisiensi penurunan Timbal. Penurunan signifikan terjadi pada sampel dosis tawas 15.000 ppm dengan waktu kontak 100 menit sebesar 89.82 % sedangkan penurunan paling kecil terjadi pada sampel dengan waktu kontak 50 menit sebesar 77.84 %. Walaupun hasil efisiensi bervariasi, tetapi efisiensi pada waktu kontak 25 menit merupakan yang paling bagus.

Untuk dosis tawas 20.000 ppm efisiensi penurunan hampir sama pada tiap waktu pengolahan. Sebesar 95.81% pada waktu 25, 75 dan 100 menit, sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada waktu kontak 50 menit pada bak filtrasi yaitu sebesar 98.80 %. Hal ini disebabkan karena selisih waktu kontak dari 25 menit menjadi 50 menit karena adanya perbedaan waktu itu menunjukkan lamanya proses pengolahan yang terjadi pada bak filtrasi. Karena bertambahnya waktu pengolahan bertambah pula efisiensi konsentrasi Pb. Tetapi pada waktu 75 sampai 100 menit terjadi penurunan efisiensi menjadi sama nilainya pada waktu 25 menit. Sehingga efisiensi optimum yang dihasilkan pada dosis tawas 20.000 ppm berada pada waktu kontak 25 menit sebesar 95, 81%.



Gambar 4.24. Hubungan efisiensi penurunan konsentrasi Pb dengan parameter COD dan Warna

Perubahan warna, bau dan rasa Air normal dan air bersih tidak akan berwarna, sehingga tampak bening / jernih. Bila kondisi air warnanya berubah maka hal tersebut merupakan salah satu indikasi bahwa air telah tercemar. Timbulnya bau pada air lingkungan merupakan indikasi kuat bahwa air telah tercemar. Air yang bau dapat berasal dari limbah industri atau dari hasil degradasi oleh mikroba. Mikroba yang hidup dalam air akan mengubah organik menjadi bahan yang mudah menguap dan berbau sehingga mengubah rasa. Warna kecoklatan pada limbah cair leachete disebabkan oleh komponen utama yang terdapat pada leachete 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.

Timbulnya endapan, koloid dan bahan terlarut Endapan, koloid dan bahan terlarut berasal dari adanya limbah industri yang berbentuk padat. Limbah industri yang berbentuk padat, bila tidak larut sempurna akan mengendap dan yang larut sebagian akan menjadi koloid dan akan menghalangi bahan-bahan organik yang sulit

diukur melalui uji BOD karena sulit didegradasi melalui reaksi biokimia, namun dapat diukur menjadi uji COD. Leachate merupakan limbah campuran yang terdiri dari berbagai bahan, sehingga itu ukuran molekulnya berbeda-beda dan mempengaruhi proses oksidasi. Selain itu leachate kadar logamnya sangat banyak dan berbagai macam, kehadiran logam pada leachate juga mempunyai pengaruh besar terhadap oksidasi bahan organik.

Dari grafik tersebut didapatkan hasil bahwa elektrokoagulasi benar – benar mampu menurunkan konsentrasi Pb, COD dan Warna dengan variasi dosis koagulan sebesar 15.000 ppm dan 20.000 ppm.

#### **4.4.2. Faktor – faktor yang mempengaruhi dalam Efisiensi Pb :**

##### **A. Pengaruh koagulan terhadap konsentrasi Pb**

Pada penelitian ini, fenomena yang terjadi adalah adanya dua koagulan. Koagulan pertama adalah koagulan tawas, dengan dosis 15.000 ppm dan 20.000 ppm. Koagulan kedua adalah koagulan yang berasal dari proses elektrokoagulasi dari batangan anoda (tembaga) yang mengalami reaksi oksidasi. Untuk lebih jelasnya dijabarkan sebagai berikut:

##### **A.1. Koagulan tawas**

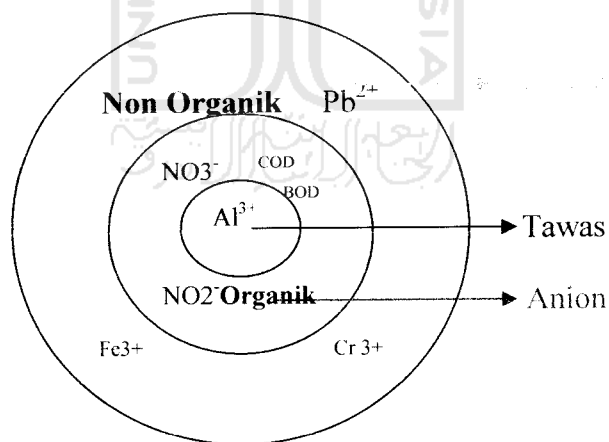
Penambahan koagulan tawas ini adalah bagian dari peristiwa koagulasi. Pada proses koagulasi, didalamnya terjadi suatu mekanisme untuk mendestabilisasi partikel koloid. Pada umumnya hampir semua partikel koloid dalam air bermuatan listrik, dimana muatan itu cenderung menghasilkan gaya tolak – menolak antara partikel sehingga untuk menggumpalkan partikel koloid harus dilakukan usaha mendestabilisasikan koloid tersebut. Menurut Tjokrokusumo (1995), ada tiga mekanisme dalam proses destabilisasi koloid yang dapat menjelaskan proses koagulasi, yaitu:



### a. Pemanfaatan lapisan difusi (*Double Layer Compression*)

Kestabilan partikel 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:

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



Gambar 4.25. Peristiwa gaya tarik menarik antar partikel

Keterangan :

Pembentukan flokulasi partikel bersifat adsorpsi dimana tawas sebagai koagulan pada elektrokoagulasi bermuatan positif akan menyerap ion – ion negative pada limbah seperti COD, BOD, nitrit, nitrat dan senyawa organik lainnya dan membentuk flok yang membantu proses penurunan senyawa organik. Pada teori double layer lingkaran terdalam akan diisi oleh koagulan bermuatan positif dan akan menyerap ion – ion negative yang terletak pada lingkaran lebih luar, ion – ion lain yang terdapat pada limbah yang bermuatan positif seperti logam berat akan teradsorpsi oleh senyawa organik yang bermuatan negatif. Sehingga perlunya pengadukan agar tawas dapat menyerap logam dan pembentukan flok merata.

#### **b. Netralisasi muatan adsorpsi**

1. Interaksi koagulan dengan koloid

Kemampuan interaksi koagulan dengan koloid berperan untuk mengatasi efek elektrostatik.

2. 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.

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

4. Interaksi koloid dan pelarut

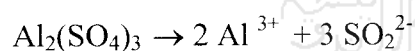
Molekul air terikat sangat kuat dengan partikel koloid, ikatan tersebut harus dilenyapkan jika diinginkan terbentuknya ikatan langsung koagulan dengan koloid, disini diperlukan energi untuk menguraikan molekul air dari permukaan koloid.

### c. Pembentukan jembatan polimer

Usaha destabilisasi dengan adanya polimer-ionik sebagai pengikat kimia, dimana jika suatu rangkaian polimer mengadakan kontak dengan koloid, sebageian akan terserap pada permukaan koloid ruang bebas dan sebageian 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.

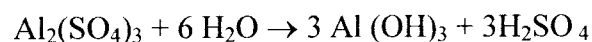
Alumunium sulfat atau tawas ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), merupakan salah satu jenis koagulan yang biasa digunakan dalam proses koagulasi. Pada umumnya partikel koloid penyebab kekeruhan bersifat *hydrophobic* yang bermuatan negatif. Agar terjadi penggabungan diperlukan destabilisasi yang hanya dapat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

1. Reaksi penguraian (Disosiasi)



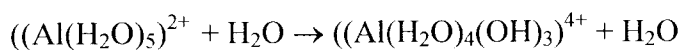
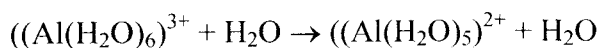
$\text{Al}^{3+}$  berperan sebagai elektrolit positif pada destabilisasi koloid sebagai  $\text{Al}^{3+}$  akan terdifusi didalam koloid membentuk adanya muatan didalam koloid tersebut.

2. Reaksi Hidrolisa



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

3. Reaksi polimerisasi ion kompleks

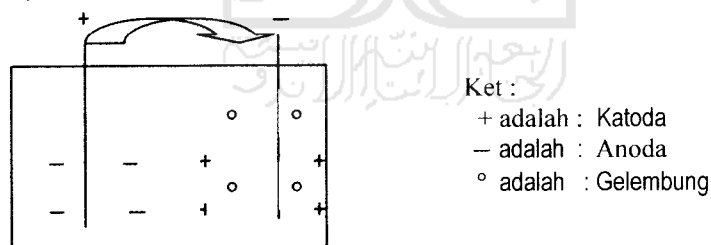


Ion  $\text{Al}^{3+}$  berperan sebagai elektrolit positif dalam destabilisasi partikel koloid. Senyawa  $(\text{Al}(\text{OH})_3)$  dalam bentuk presipitat berfungsi sebagai inti flok, sedangkan ion kompleks  $((\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_3)^{4+}$  akan berfungsi sebagai jembatan antar partikel. Dalam keadaan alkalis yang cukup, tawas akan bereaksi dan menghasilkan flok hidroksid.

### A.2. Koagulan Tembaga $\text{Cu}(\text{OH})_2$

Pada proses elektrokoagulasi ini terdapat aliran listrik searah melalui batangan Tembaga (anoda) dan aluminium (katoda) yang dipasang secara paralel dalam bak segiempat. Pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi terhadap anion (ion negatif), anoda yang terbuat dari logam seperti tembaga akan mengalami reaksi oksidasi membentuk  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Gas hydrogen dari katoda akan membantu flok  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  dalam larutan akan terangkat ke atas permukaan. Mekanisme pengendapan flok  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  pada bak sedimentasi mengikuti prinsip koagulasi-flokulasi, karena adanya pertumbuhan massa flok sehingga berat jenis flok menjadi besar dan akhirnya mengendap.

Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar :



Gambar 4.26. Proses reaksi oksidasi – reduksi

Keterangan:

- (+) Anoda, Terjadi reaksi oksidasi Cu pada elektroda positif yang menghasilkan  $\text{Cu}(\text{OH})_2$
- (-) Katoda, Terjadi reaksi reduksi terhadap kation (ion positif).  $\text{Pb}^{2+}$  akan direduksi menjadi Pb. Ion  $\text{H}^+$  direduksi menjadi gas  $\text{H}_2$  yang bebas sebagai gelembung gas.

## B. Pengaruh waktu kontak

Menurut faraday jumlah equivalen bahan yang dihasilkan pada salah satu elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah listrik yang mengalir melalui sel elektrolisis, karena itu makin lama waktu elektrolisis, makin banyak endapan yang terbentuk. Dalam proses elektrokoagulasi ini terjadi pembentukan gas Hidrogen dan ion Hidroksida ( $\text{OH}^-$ ), dengan semakin lama waktu kontak yang digunakan, maka, semakin cepat juga pembentukan gas hidrogen dan ion Hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) tersebut terjadi. Sehingga semakin lama waktu kontak, efisiensinya akan bertambah pula.

Tetapi pada hasil analisis menunjukkan variasi efisiensi. Tidak stabilnya efisiensi tiap variasi waktu dimungkinkan ada persoalan dalam pengujian. Faktor lain yang berpengaruh pada peningkatan konsentrasi setiap variasi waktu percobaan adalah pada saat terjadi proses sebelum limbah dipompa ke inlet, tidak terjadi pengadukan yang sempurna pada bak penampung limbah tersebut (konsentrasi limbah pada bak penampung tidak homogen). Serta aliran yang bersifat turbulen pada *baffle chanel* dan sedimentasi yang menjadikan aliran tidak stabil. Dari gambar 5.1 menunjukkan efisiensi Pb dengan dosis tawas 15.000 ppm yang diolah hanya dengan waktu 25 menit saja sudah mencapai hasil yang bagus sebesar : 89.82 %. Pada dosis tawas 20.000 ppm efisiensi Pb mencapai nilai jenuh yaitu : 95.81%. Hal ini menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi dengan variasi dosis koagulan tawas benar-benar mampu menurunkan konsentrasi Pb.

Dari data tersebut Konsentrasi Pb hasil *treatment* elektrokoagulasi semuanya sudah dibawah baku mutu kelas IV PP No: 82 Tahun : 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air sebesar 1 mg/l..

## C. Tegangan

Efek voltase sangat berpengaruh terhadap penurunan Pb ini. Voltase sangat berpengaruh terhadap kuat arus dan dari penelitian sebelumnya, telah diadakan penelitian yang mana sebagai variabel penelitian adalah kuat arus terhadap logam berat (A.K. Golder dkk). Kombinasi kuat arus akan memberi efek terhadap kuat sel

dan permukaan area elektroda. Kuat arus yang tinggi akan menyebabkan beberapa fenomena antara lain:

1. Berdasarkan hukum Faraday, ion logam akan mengalami pemisahan/pengkroposan apabila dialiri listrik di dalam cairan, dengan tingginya formasi monomerik dan polimerik dari tembaga hidroksida menghasilkan perubahan yang signifikan terhadap reduksi  $Pb^{2+}$  yang sebagian besar diakibatkan oleh ko-presipitasi bentuk menjadi padat.
2. Pemisahan dari senyawa-senyawa yang dapat larut seperti  $Cu^{2+}$  dengan generasi dari ion  $OH^-$  pada permukaan katoda pada saat proses elektrokoagulasi akan meningkatkan pH sebagai solusinya. Pada pH yang tinggi, kedua-duanya Pb dan tembaga hidroksida cenderung terpresipitasi sehingga meningkatkan pereduksian Pb.
3. Dalam kaitannya dengan anoda, banyak *sludge* dari logam elektroda yang dihasilkan.  
Banyak gelembung-gelembung udara yang dihasilkan, hal ini akan meningkatkan proses pengadukan dan pereduksian.

#### **D. Aerasi**

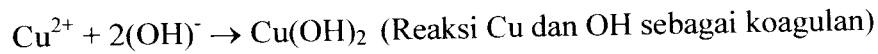
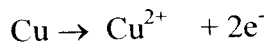
Pada saat percobaan, dilakukan penambahan *Aerasi*, yaitu alat yang digunakan untuk memasukkan oksigen ke dalam suatu zat, dimana oksigen akan membantu proses pemurniannya.

Tujuan dari proses aerasi menurut Fair dan Oknum (1969) adalah :

1. Menambah kandungan  $O_2$  pada air tanah atau menambah kadar DO sehingga unsur – unsur besi dan mangan yang ada pada air tanah akan menurun.
2. Mereduksi gas metan yang ada dalam air guna mencegah ledakan/kebakaran.
3. Menurunkan dan mereduksi zat hidrogen sulfida yang menyebabkan bau dan rasa yang tidak sedap.
4. Mereduksi zat karbondioksida yang menyebabkan korosi pada logam.

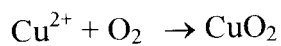
Manfaat penambahan aerator ini adalah untuk meningkatkan kandungan oksigen kedalam air, yang tentunya akan dapat mereduksi kandungan BOD, COD, nitrat, nitrit dan beberapa parameter lainnya dalam lindi.

Reaksi pada anoda (reaksi oksidasi):



Reaksi tersebut menunjukkan batangan Cu yang mengalami reaksi oksidasi dengan ion Hidroksida ( $\text{OH}^{-}$ ) menjadikannya sebagai koagulan.

Tetapi pada saat penelitian aerator ini bersifat merugikan , karena  $\text{O}_2$  yang dihasilkan akan mengikat ion Cu membentuk  $\text{CuO}_2$



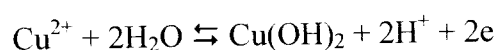
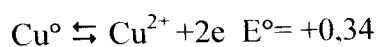
Hal ini akan mempengaruhi kinerja  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  sebagai salah satu koagulan. Sehingga mempengaruhi efisiensi Pb.

#### **E. Jenis elektroda**

Mudah tidaknya suatu logam diendapkan dengan cara proses elektrokoagulasi juga tergantung dari jenis batangan elektroda yang digunakan, bila logam yang akan diendapkan mempunyai derat gaya listrik lebih kecil dari pada deret gaya gerak listrik yang dimiliki elektroda, maka logam tersebut akan lebih mudah diendapkan. Maka dapat disimpulkan bahwa jenis batangan elektroda yang terbuat dari logam mempengaruhi tingkat penurunan ion – ion logam dalam larutan.

Pada anoda terjadi reaksi oksidasi terhadap anion (ion negatif)

Pada anoda yang terbuat dari logam tembaga akan mengalami reaksi oksidasi :



Tabel 4.5. Daftar deret gaya gerak listrik beberapa unsur

Elektroda	Potensial (V)
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$	-0,126
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	0,000
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	+0,799

Lindi yang mengandung ion  $\text{Pb}^{2+}$ , dimana ion  $\text{Pb}^{2+}$  akan mengalami reaksi reduksi pada katoda. Ion  $\text{Pb}^{2+}$  akan lebih mudah mengalami reduksi karena potensial reduksi negatif lebih rendah dari molekul  $\text{H}_2\text{O}$ , sehingga pada elektroda akan terlapisi logam Pb. Pada penelitian ini menggunakan elektroda yang terbuat dari tembaga dan alumunium yang mana mempunyai sifat, bila bahan ini dialiri arus listrik akan semakin mudah menjadi magnet dan jika arus diputus sifat hantar dan kemagnetannya akan mudah hilang. Sehingga semakin baik plat elektroda yang digunakan maka sifat kemagnetannya juga semakin besar, akibatnya semakin banyak logam Pb yang menempel pada elektroda (katoda) tersebut. Selain itu akan terjadi pembentukan inti flok yang reaksi ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang dilepaskan oleh elektroda (dari anoda dengan ion hidroksida).

Dari daftar  $E^\circ$  (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.

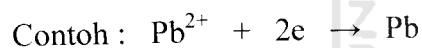
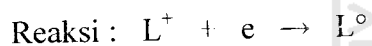
Dengan memakai deret volta, kita memperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- f. Logam-logam yang terletak di sebelah kiri H memiliki  $E^\circ$  negatif sedangkan logam-logam yang terletak di sebelah kanan H memiliki  $E^\circ$  positif .



- g. Makin ke kanan letak suatu logam dalam deret volta, harga  $E^\circ$  besar. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kanan mudah mengalami reduksi serta sukar mengalami oksidasi. Berarti logam **Pb** sukar mengalami oksidasi.
- h. Makin ke kiri letak suatu unsur dalam deret volta, harga  $E^\circ$  makin kecil. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kiri sukar mengalami reduksi serta mudah mengalami oksidasi.
- i. 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.
- j. 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.

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



#### 4.5. Penurunan kadar Pb oleh elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi telah dikembangkan 1974 dan mengalami peningkatan di tahun terakhir (Bersier et al.,1994). Elektrokoagulasi adalah suatu proses yang menggunakan arus listrik untuk mendestabilisasi koloidal dan menjadi emulsi partikel. Mungkin saja digunakan atau tanpa penambahan koagulan.( Beck et al,1974;Beszeedits,1982;Scott,1995).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. Dalam elektrolisis ion positif berpindah ke katoda sedangkan ion negatif

ke anoda. Reaksi yang terjadi bergantung pada pengalihan electron pada elektroda, karena itu sama artinya dengan reaksi redoks. Di anoda, ion negatif dalam larutan dapat kehilangan elektronnya membentuk spesies netral. Atom dari elektroda dapat melepas elektronnya dan pindah ke larutan sebagai ion positif dan disebut reaksi oksidasi. Di katoda, ion positif dalam larutan dapat mengambil electron membentuk spesies netral, jadi reaksinya adalah : reaksi reduksi.

Pada sel elektrolisis akan terjadi reaksi kimia apabila di dalam sel dialiri arus searah, yaitu tenaga listrik diubah menjadi reaksi kimia. Pada sel elektrolisis terjadi reaksi oksidasi-reduksi pada kedua elektroda. Elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut: anoda, sedangkan elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi disebut : katoda.

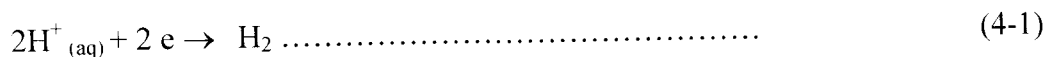
Oksidasi adalah suatu perubahan kimia

- a) Jika suatu zat memberikan atau melepaskan elektron
- b) Jika suatu unsur mengalami penambahan bilangan oksidasi atau tingkat oksidasi
- c) Yang terjadi di anoda suatu sel elektrokimia

Reduksi ialah suatu perubahan kimia

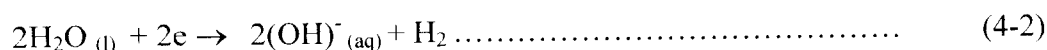
- a) Jika suatu zat menerima atau menangkap elektron
- b) Jika suatu unsur mengalami pengurangan bilangan oksidasi atau tingkat oksidasi
- c) Yang terjadi di katoda suatu sel elektrokimia

Pada proses elektrokimia melalui proses elektrolisa ini terjadi oksidasi tembaga pada elektroda positif (anoda). Apabila didalam air terdapat  $Pb^{++}$  akan direduksi menjadi Pb. Adapun reaksi yang terjadi pada katoda yaitu reaksi reduksi terhadap kation (ion positif). Ion  $H^+$  suatu asam akan direduksi menjadi gas  $H_2$  yang bebas sebagai gelembung- gelembung gas.

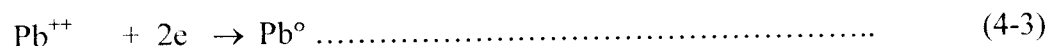


Sedangkan ion-ion logam yang mempunyai logam potensial elektroda ( $E_o$ ) lebih kecil dari harga potensial elektroda air seperti logam alkali, alkali tanah,  $Al^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ , tidak

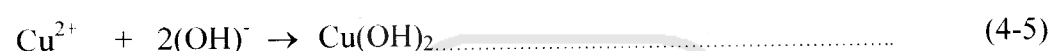
dapat direduksi dari larutan. Yang mengalami reaksi reduksi pada katoda adalah air yang bertindak sebagai pelarut.



Selanjutnya ion-ion logam selain ion-ion logam diatas mengalami reaksi reduksi membentuk logamnya. Logam yang dihasilkan sebagian akan terdeposit pada batang katoda, sebagian akan tertangkap flok  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  dan akhirnya mengendap pada sedimentasi.

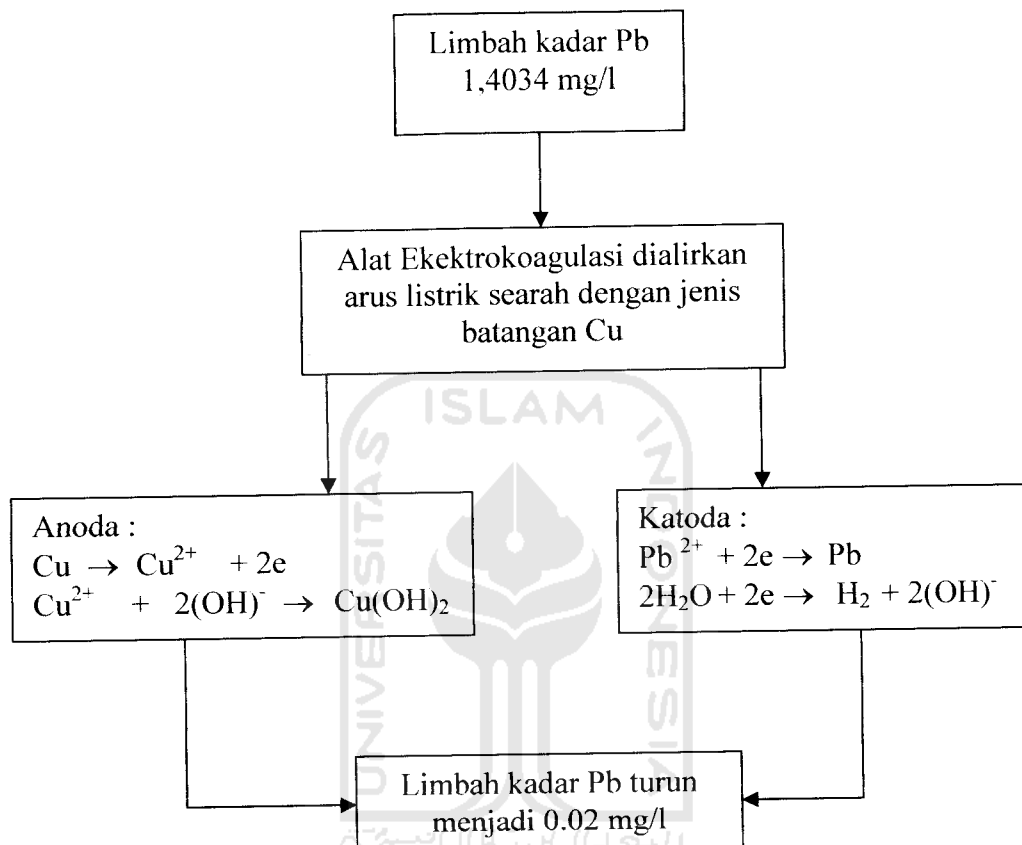


Pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi terhadap anion (ion neagatif), anoda yang terbuat dari logam seperti tembaga akan mengalami reaksi oksidasi membentuk  $\text{Cu}^{2+}$



Karena dalam proses elektrokimia ini menghasilkan gelembung gas pada elektroda, gas seperti oksigen dan hidrogen ini akan mempengaruhi pereduksiaan COD, BOD serta TDS begitu juga logam berat. Gas hydrogen dari katoda akan membantu kontaminan (kotoran-kotoran dan partikel-partikel) yang terbentuk dan sudah ada dalam larutan akan terangkat ke atas permukaan, termasuk flok  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Oleh karena itu dalam proses elektrokoagulasi diperlukan bak sedimentasi untuk mengendapkan flok  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  yang mengikat ion-ion  $\text{Pb}^{++}$  serta menangkap sebagian logam  $\text{Pb}^{\circ}$  yang tidak terdeposit pada batang katoda. Mekanisme pengendapan flok  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  pada bak sedimentasi mengikuti prinsip koagulasi-flokulasi yaitu karena adanya pertumbuhan massa flok sehingga berat jenis flok menjadi besar dan akhirnya mengendap.

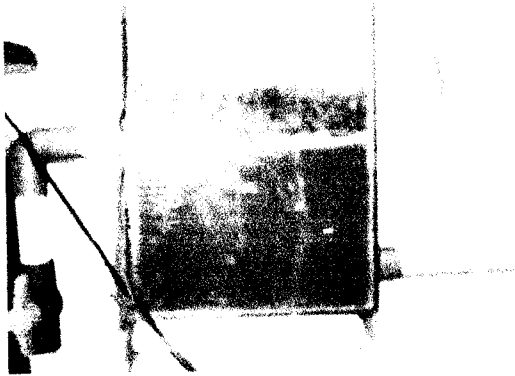
Adapun fenomena yang terjadi selama proses elektrokoagulasi disajikan dalam bagan berikut:



Gambar 4.27. Bagan fenomena penurunan kadar Pb pada elektrokoagulasi

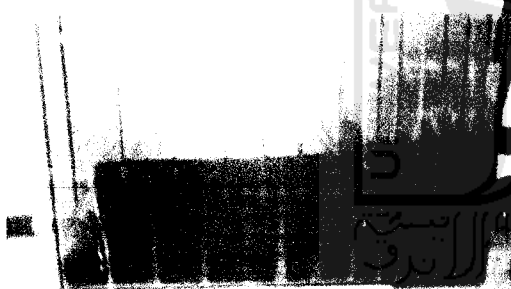
#### 4.5.1 Gambaran proses elektrokoagulasi

Proses tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



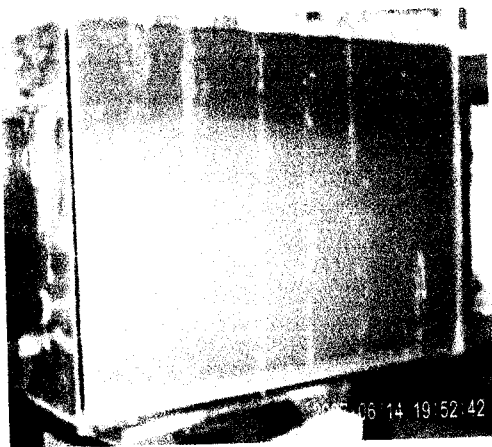
a) Alat elektrokoagulasi dimana terjadi proses elektrokimia yang menghasilkan gelembung gas, maka kotoran - kotoran dan partikel - partikel yang terbentuk yang sudah ada dalam larutan akan terangkat ke atas permukaan, termasuk flok  $\text{Cu}(\text{OH})_3$ .

Gambar 4.28. BAK ELEKTROKOAGULASI



b) Lalu dilanjutkan pada bak baffle chanel dimana termasuk jenis pengadukanhidrolis, yang mana pengadukan ini memanfaatkan gerakan air sebagai tenaga pengadukan. Pada pengadukan lambat ini,energi hidrolis yang diharapkan cukup kecil dengan tujuan menghasilkan gerakan air yang mendorong kontak antar partikel tanpa menyebabkan pecahnya gabungan.

Gambar 4.29. BAFFLE CHANEL



Gambar 4.30. BAK SEDIMENTASI

c) Kemudian overflow ke bak sedimentasi sesuai dengan namanya, pada bak ini namanya, pada bak ini partikel yang telah membesar tadi akan mengendap dalam bak sedimentasi secara gravitasi. Apabila pada sedimentasi ini masih ada partikel yang tidak mau mengendap, maka langkah selanjutnya dapat dilakukan penyaringan



Gambar 4.31. BAK FILTRASI

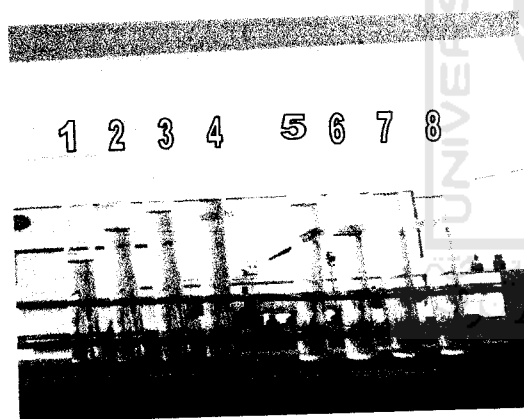
d) Dengan bak filtrasi diharapkan partikel lebu dapat mengendap secara sempurna dibandingkan bak sedimentasi. Bak filtrasi ini berfungsi mengolah air yang berasal dari baffle channel dengan mekanisme aliran air yang jatuh dan mengalir perlahan – perlahan melalui lapisan media yang ada di filtrasi yang kemudian disaring.

Hasil dari rangkaian proses tersebut dijadikan sample yang dimasukkan di tabung reaksi

a) Tabung reaksi pertama dari sebelah kiri merupakan sampel awal. Tabung 4 – 7 berupa sampel sedimentasi dengan waktu kontak 25,50,75,100 menit. Tabung 8 -11 berupa sampel filtrasi dengan waktu dan pengolahan yang sama dengan dosis tawas sebesar 15.000 ppm.



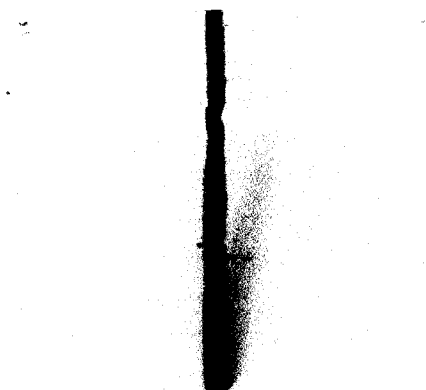
Gambar 5.32. DOSIS TAWAS 15.000 ppm.



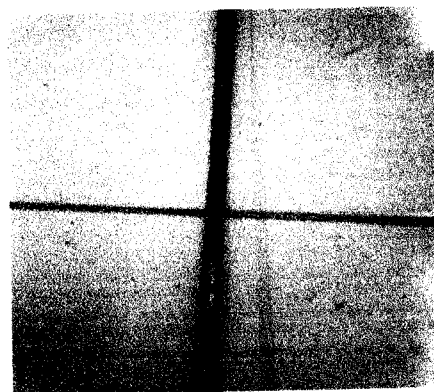
b) Tabung reaksi 1–4 dari kiri berupa Sampel sediementasi dengan waktu kontak 25,50,75,100 menit. Tabung 5 – 7 berupa sampel filtrasi dengan pengolahan yang sama dengan dosis tawas sebesar 20.000 ppm.

Gambar 5.33. DOSIS TAWAS 20.000 ppm

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pengendapan yang ada pada tabung reaksi dengan dosis tawas 20.000 ppm lebih sedikit dibandingkan 15.000 ppm. Dapat dipastikan bahwa semakin besar dosis tawas menghilangkan warna yang lebih jernih dan pengendapan lebih sedikit.



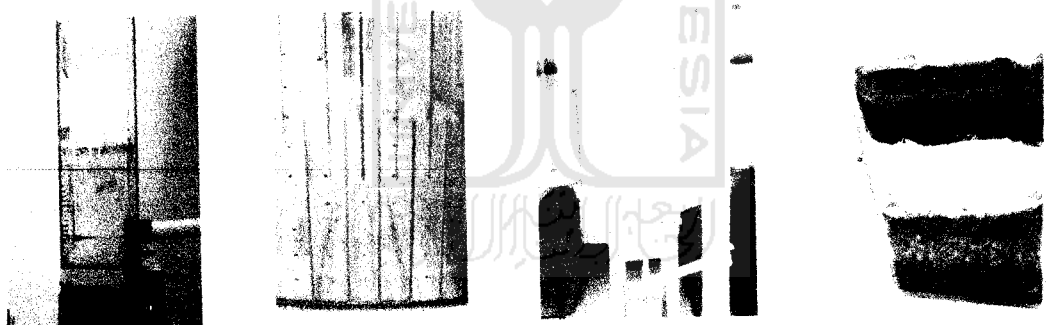
Gambar 4.34. BATANGAN CU  
(ANODA)



Gambar.4.35.BATANGAN ALUMUNIUM  
(KATODA)

Keterangan :

- a) Pada batangan anoda yang mengalami reaksi oksidasi terlihat keropos karena telah melalui proses yang cukup lama.
- b) Pada batangan katoda terlihat warnanya putih kekuningan, terbukti bahwa logam Pb berhasil menempel pada batangan katoda yang telah mengalami reaksi reduksi.



Gambar 4.36. Rangkaian alat yang telah melalui proses elektrokoagulasi

Dari gambar rangkaian alat tersebut dapat dilihat, pada setelah melakukan proses percobaan setiap bak berwarna kuning kecoklatan seperti warna korosif. Menandakan proses elektrokoagulasi telah berjalan dengan baik.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

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

1. Dari hasil penelitian menunjukkan pada variasi dosis tawas sebesar: 15.000 ppm dan 20.000 ppm hanya dengan waktu kontak 25 menit hasil yang diperoleh sudah sangat baik.
2. Berdasarkan hasil penelitian, terbukti bahwa pengolahan lindi yang mengandung Pb melalui proses elektrokoagulasi ini. Ternyata mampu menurunkan jumlah kandungan Pb dengan tingkat efisiensi paling tinggi hanya dengan waktu 25 menit yaitu :
  - Pada dosis tawas 15.000 ppm sebesar = 89,82%
  - Pada dosis tawas 20.000 ppm sebesar = 95,81%
4. Bervariasinya efisiensi Pb pada variasi dosis tawas dipengaruhi oleh batangan elektroda (anoda) karena semakin lama waktu kontak akan mempengaruhi efektifitas anoda tersebut .
5. Faktor lain yang berpengaruh pada tidak stabilnya efisiensi tiap variasi waktu dan tawas dalam percobaan adalah pada saat terjadi proses sebelum limbah dipompa ke inlet, tidak terjadi pengadukan yang sempurna pada bak penampung limbah tersebut (konsentrasi limbah pada bak penampung tidak homogen).

## 5.2. Saran

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

1. Untuk penelitian selanjutnya, dapat melakukan percobaan dengan menggunakan Batangan elektroda dan limbah yang berbeda .
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap bak baffle chanel karena pada saat melakukan penelitian aliran tidak stabil, sehingga diperlukan penambahan bak sedimentasi



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus, 2001**, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*, Jakarta
- Antony D, Gulsat T, Salim O and Nihal B**, *Removal Of Nickel, Cupper and Mercury From Aqueous Solutions By Electro\_Coagulation Using Alumunium Electrodes*, Enviromental Enggineering Deparment, Gebze Institute Of Technology, 41400, Gebze, Turkey.
- Achmad, H** *Elektrokimia dan Kinetika Kimia* 1992, PT. Citra Aditya Bakti, Bandung.
- Aquamanzi.com** *What is electricoagulation*
- Beagles, A** *Electrocoagultion (EC) – Science and Applications Cal-Neva Quality Research Institut, Inc.* Newcastle, California. Chatib, Benny, 1986, “Pengelolaan Buangan Padat”, ITB, Bandung.
- Chen, Y Kenneth, 1975**, *Mechanisme Of Leachate Formation in Sanitary Landfill* Ann Arbo Science, Michigan.
- Chatib, B. 1986**. *Pengelolaaan Buangan Padat*, ITB, Bandung
- Enrig, H. J 1983** *Quality and Qoantity Of Sanitary Landfill Leachate*, Waste Management and Research, vol. 1, no, 1.
- Effendi, H. 2003**, *Telaah Kualitas Air*, Penerbit kanisius, Yogyakarta.
- Fardiaz, S. 1992**, *Polusi Air Dan Udara*, PAU Pangan Dan Gizi, I Bogor.
- Gordon M.F, Jhon C. G, and Danil A. O, 1968** *Waste and Wastewater Engenerring*, Volume 2 Jhon willey and Sons Inc. New York.
- Johanes H, 1978**, *Listrik Dan Magnet*, Balai Pustaka, Jakarta.
- Knox, k, 1985**, *Leachate Production Control and Treatment*, Butterwoth, and Co, London
- L.j.Xu, B.W. Sheldon, D. K. Larick, and R.E Carawant** *Recovery and Utilization Of Useful By-Productts from Egg Processing Wastewater by Electrocoagulation* Departement op Polutry and food Science, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina

- Mahida, 1984, Pencemaran Air dan Pemanfaatan limbah Industri, Rajawali, Jakarta**
- Masduqi,A dan Slamet A, 2002, Satuan Operasi untuk pengolahan Air, ITS, Surabaya**
- P.K. Holt, G.W. Barton, and C.A.Mitchell** *Deciphering the science behind electrocoagulation to remove suspended clay particles from water, Departement Of Chemichal Engginering, University of Sydney, NSW 2007, Australia.*
- P.K. Holt, G.W. Barton, and C.A.Mitchell** *The future For Electrocoagulation as a localised water treatment technology, 2004, Sydney, Australia*
- Riyadi. Slamet, 1984, Pencemaran Air, Karya Anda, Surabaya.**
- Ramesh.B, Bhadriyana N.S 2006,Treatment Of Tannery Wastewater By Electrocoagulation, , National Institute of technology, India**
- Sukardjo, 1985, Kimia Anorganik, Bina Aksara, Yogyakarta**
- Sawyer, Chlair.N, Mc.Corthy, Terry L, 1978, Chemistry For Environmental Enggineering (Third Edition), Mc, Graw Hill Book Company, USA.**
- Sasongko, D, 1986, Teknik Sumber Daya Air, Erlangga, Jakarta.**
- Soeparman, 1967, Teknologi Kimia Tekstil, ITB, Bandung**
- Shabur T J,1999, Pengaruh Penambahan Poly Alumunium Chloride (PAC) Terhadap Penurunan Limbah Krom Pada Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Di Balai Penelitian Dan Pengembangan Barang Industri Kulit, Karet Dan Plastik, Undip, Semarang**
- Stainello. R.M, 1971 Water Ouality Criteria and Standard For Industrial pollution New york**
- Tjou Koli Nem, 1988, Chemistry for Environmental Engineering, Mc.Graw Hill Book Company, New york USA.**
- Thobacnoglous, G. Thiesen, H. Elianssen R, 1977, Solid Waste Enggineering Pridiples and Management Issues, Mc Graw Hill Book Company, New York.**
- Wardhana, 1995, Dampak Pencemaran Lingkungan, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.**

KARIR PESERTA DIDIK AMIK

No	Waktu	Tempat	Revisi
1	10/03/2007	Amikom	10/03/2007

JUDUL: ...  
Materi: ...

Penyusunan ...

REKORD ...

No	Kategori	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei
1	Penelitian					
2	Penelitian Pribadi					
3	Penelitian Proposal					
4	Penelitian Pribadi					
5	Konsultasi Penelitian					
6	Staf					
7	Penelitian					

BOSEN PEMEIMBING I  
BOSEN PEMEIMBING II  
BOSEN PEMEIMBING III

Lucretia ...  
Balang ...

Yogyakarta, 27 Maret 2007  
No. ...



Caratar

...  
...  
...

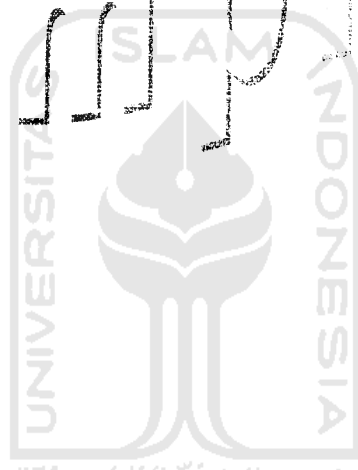
DAFTAR ISI

No	Uraian	Halaman	Tanda Tangan
			Pemb. I Pemb. II

1	Surat Perintah	1	
2	Surat Keputusan	2	
3	Surat Keterangan	3	
4	Surat Pengantar	4	
5	Surat Pemberitahuan	5	
6	Surat Peringatan	6	
7	Surat Keputusan	7	
8	Surat Keterangan	8	
9	Surat Pengantar	9	
10	Surat Pemberitahuan	10	
11	Surat Peringatan	11	
12	Surat Keputusan	12	
13	Surat Keterangan	13	
14	Surat Pengantar	14	
15	Surat Pemberitahuan	15	
16	Surat Peringatan	16	
17	Surat Keputusan	17	
18	Surat Keterangan	18	
19	Surat Pengantar	19	
20	Surat Pemberitahuan	20	
21	Surat Peringatan	21	
22	Surat Keputusan	22	
23	Surat Keterangan	23	
24	Surat Pengantar	24	
25	Surat Pemberitahuan	25	
26	Surat Peringatan	26	
27	Surat Keputusan	27	
28	Surat Keterangan	28	
29	Surat Pengantar	29	
30	Surat Pemberitahuan	30	
31	Surat Peringatan	31	
32	Surat Keputusan	32	
33	Surat Keterangan	33	
34	Surat Pengantar	34	
35	Surat Pemberitahuan	35	
36	Surat Peringatan	36	
37	Surat Keputusan	37	
38	Surat Keterangan	38	
39	Surat Pengantar	39	
40	Surat Pemberitahuan	40	
41	Surat Peringatan	41	
42	Surat Keputusan	42	
43	Surat Keterangan	43	
44	Surat Pengantar	44	
45	Surat Pemberitahuan	45	
46	Surat Peringatan	46	
47	Surat Keputusan	47	
48	Surat Keterangan	48	
49	Surat Pengantar	49	
50	Surat Pemberitahuan	50	
51	Surat Peringatan	51	
52	Surat Keputusan	52	
53	Surat Keterangan	53	
54	Surat Pengantar	54	
55	Surat Pemberitahuan	55	
56	Surat Peringatan	56	
57	Surat Keputusan	57	
58	Surat Keterangan	58	
59	Surat Pengantar	59	
60	Surat Pemberitahuan	60	
61	Surat Peringatan	61	
62	Surat Keputusan	62	
63	Surat Keterangan	63	
64	Surat Pengantar	64	
65	Surat Pemberitahuan	65	
66	Surat Peringatan	66	
67	Surat Keputusan	67	
68	Surat Keterangan	68	
69	Surat Pengantar	69	
70	Surat Pemberitahuan	70	
71	Surat Peringatan	71	
72	Surat Keputusan	72	
73	Surat Keterangan	73	
74	Surat Pengantar	74	
75	Surat Pemberitahuan	75	
76	Surat Peringatan	76	
77	Surat Keputusan	77	
78	Surat Keterangan	78	
79	Surat Pengantar	79	
80	Surat Pemberitahuan	80	
81	Surat Peringatan	81	
82	Surat Keputusan	82	
83	Surat Keterangan	83	
84	Surat Pengantar	84	
85	Surat Pemberitahuan	85	
86	Surat Peringatan	86	
87	Surat Keputusan	87	
88	Surat Keterangan	88	
89	Surat Pengantar	89	
90	Surat Pemberitahuan	90	
91	Surat Peringatan	91	
92	Surat Keputusan	92	
93	Surat Keterangan	93	
94	Surat Pengantar	94	
95	Surat Pemberitahuan	95	
96	Surat Peringatan	96	
97	Surat Keputusan	97	
98	Surat Keterangan	98	
99	Surat Pengantar	99	
100	Surat Pemberitahuan	100	



Handwritten text in Arabic script, possibly a signature or name, located at the top of the page.



Arabic calligraphy at the bottom of the logo, which is the motto of the university: "لِيُعْلَمَ الْإِسْلَامُ بِاللِّبْقَةِ" (For Islam to be known by the nib).

Tabel.1. Hasil pengujian konsentrasi Pb pada 15000 ppm tawas

Waktu kontak	Sampel	
	Sedimentasi (mg/L)	Filtrasi (mg/L)
0 menit (sampel awal)	1.4034	
25 menit	0.3950	0.1429
50 menit	0.3529	0.3109
75 menit	0.1849	0.2689
100 menit	0.3109	0.1429

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 2. Efisiensi penurunan konsentrasi Pb bak Sedimentasi dan Filtrasi dengan dosis 15.000 ppm tawas

Waktu kontak	Sampel			
	Sedimentasi		Filtrasi	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
25 menit	0.3950	71.85	0.1429	63.82
50 menit	0.3529	74.85	0.3109	11.90
75 menit	0.1849	86.82	0.2689	-45.42
100 menit	0.3109	77.85	0.1429	54.04

Sumber : Data Primer 2007



Tabel 3. Hasil pengujian konsentrasi Pb pada 20.000ppm tawas

Waktu kontak	Sampel	
	Sedimentasi (mg/L)	Filtrasi (mg/L)
<b>0 menit (sampel awal)</b>	1.4034	
<b>25 menit</b>	0.8571	0.0588
<b>50 menit</b>	0.2269	0.0200
<b>75 menit</b>	0.1849	0.0588
<b>100 menit</b>	0.0588	0.0588

Sumber : Data Primer 2007

Tabel.4. Efisiensi penurunan konsentrasi Pb bak Sedimentasi dan Filtrasi dengan dosis 20.000 ppm tawas

Waktu kontak	Sampel			
	Sedimentasi		Filtrasi	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
<b>25 menit</b>	0.8571	39.83	0.0588	95.81
<b>50 menit</b>	0.2269	83.83	0.0200	98.80
<b>75 menit</b>	0.1849	86.82	0.0588	95.81
<b>100 menit</b>	0.0588	86.82	0.0588	95.81

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 5 Efisiensi penurunan konsentrasi Pb (inlet-outlet)

Parameter	Waktu Kontak (menit)	Dosis tawas (ppm)	Filtrasi		
			in	out	Efisiensi (%)
Pb	25	15.000	1.4034	0.1429	89.82
	50			0.3109	77.84
	75			0.2689	80.84
	100			0.1429	89.82
	25	20.000	1.4034	0.0588	95.81
	50			0.0200	98.80
	75			0.0588	95.81
	100			0.0588	95.81

Sumber : Data Primer 2007

Tabel.6 Kualitas lindi untuk parameter fisik

Waktu Kontak	Parameter Pendukung							
	TDS (ppm)	TSS (ppm)	DHL / Tegangan (S/m)	pH	DO (ppm)	Suhu (°C)	Warna (PtCo)	Salinitas (gr/Kg)
Sampel Awal	0.36	0.05	0.198	8	96.67	27	3800	6,1
<b>Koagulan Tawas 15.000 ppm</b>								
25 ' sedimentasi				7	8.7	26	1191	8,6
50 ' sedimentasi				7	6.4	26	1414	8,7
75 ' sedimentasi				7	7.9	27	1418	9,0
100 ' sedimentasi	0.06	0.03	0.036	7	6.4	27	1285	7,0
25 ' filtrasi				7	7.4	27	453	4,7
50 ' filtrasi				7	7.2	27.5	514	4,1
75 ' filtrasi				7	6.2	27.5	561	4,5
100 ' filtrasi	0.05	0.01	0.03	7	6.2	28	563	3,3
<b>Koagulan Tawas 20.000 ppm</b>								
25 ' sedimentasi				7	13.4	26	907	10
50 ' sedimentasi				7	13.04	26	1091	6,0
75 ' sedimentasi	0.07	0.03	0.04	7	9.7	26	1032	10,2
100 ' sedimentasi				7	9.4	27	1136	8,9
25 ' filtrasi				7	10.2	27	612	7,0
50 ' filtrasi				7	9.4	27	665	8,0
75 ' filtrasi				7	9.7	27	655	8,4
100 ' filtrasi	0.06	0.04	0.03	7	8.1	27	675	2,1

Sumber : Data Primer 2007

Tabel.7. Efisiensi penurunan konsentrasi COD bak Sedimentasi dan Filtrasi dengan dosis 15.000 ppm tawas

Waktu kontak	COD			
	Sedimentasi		Filtrasi	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
25 menit	1342.04	83.37	451.81	94.40
50 menit	1680.32	79.18	317.00	96.07
75 menit	1782.06	77.92	652.75	91.91
100 menit	1542.97	80.88	250.87	96.89

Sumber : Data Primer 2007

Tabel.8. Efisiensi penurunan konsentrasi COD bak Sedimentasi dan Filtrasi dengan dosis 20.000 ppm tawas

Waktu kontak	COD			
	Sedimentasi		Filtrasi	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
25 menit	1072.43	86.71	431.46	94.65
50 menit	1141.10	85.86	383.135	95.25
75 menit	840.97	89.58	533.2	93.39
100 menit	718.88	91.09	940.16	88.35

Sumber : Data Primer 2007



LABORATORIUM INSTRUMENTASI TERPADU  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

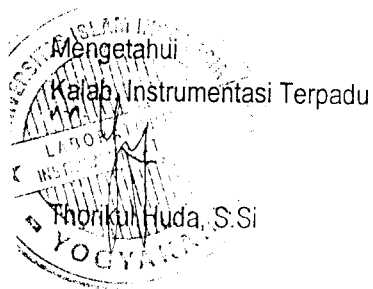
Kampus Universitas Islam Indonesia, Laboratorium Terpadu, Jl Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, 55584

Telp. 895920 Ekstensi 3044

Hasil Analisis Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Sampel : Lindi TPA  
Kode Sampel : 24/C/L.T.-UII/07  
Asal Sampel : Rezi Rakhmadasari  
Tanggal diterima : 18 Juni 2007  
Tanggal dianalisis : 2 Juli 2007  
Parameter : Pb

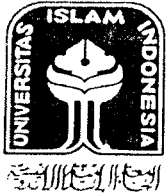
No	Sample ID	Seq No.	El	Standar (mg/L)	Mean Sig (Absorbance)	Limit Detection from std (mg/L)	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	378	Pb	0	-0.0001			0.00016	mg/L
2	std 1	379	Pb	1	0.0025	1.6134		0.00022	mg/L
3	std 2	380	Pb	2	0.0044	1.6134		0.00038	mg/L
4	std 3	381	Pb	3	0.0075	1.6134		0.00048	mg/L
5	std 4	382	Pb	4	0.0093	1.6134		0.00063	mg/L
6	std 5	383	Pb	5	0.0115	1.6134		0.00044	mg/L
7	Sampel awal	186	Pb		0.0033		1.4034	0.00088	mg/L
16	25' Sdmn 20rb ppm	187	Pb		0.0020		0.8571	0.00037	mg/L
17	50' Sdmn 20rb ppm	188	Pb		0.0005		0.2269	0.00067	mg/L
18	75' Sdmn 20rb ppm	189	Pb		0.0004		0.1849	0.00037	mg/L
19	100' Sdmn 20rb ppm	190	Pb		0.0004		0.1849	0.00041	mg/L
20	25' Filtrs 20rb ppm	191	Pb		0.0001		0.0588	0.00013	mg/L
21	50' Filtrs 20rb ppm	192	Pb		0.0000		0.0168	0.00078	mg/L
22	75' Filtrs 20rb ppm	193	Pb		0.0001		0.0588	0.00015	mg/L
23	100' Filtrs 20rb ppm	194	Pb		0.0001		0.0588	0.00026	mg/L



Jogjakarta, 2 Juli 2007

Analisis

Yusuf Habibi, S.Si



LABORATORIUM INSTRUMENTASI TERPADU  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus Universitas Islam Indonesia, Laboratorium Terpadu, Jl Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, 55584  
Telp. 895920 Ekstensi 3044

Hasil Analisis Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Sampel : Lindi TPA  
Kode Sampel : 24/C/L.T.-UII/07  
Asal Sampel : Rezi Rakhmadasari  
Tanggal diterima : 18 Juni 2007  
Tanggal dianalisis : 2 Juli 2007  
Parameter : Pb

No	Sample ID	Seq No.	EI	Standar (mg/L)	Mean Sig (Absorbance)	Limit Detection from std (mg/L)	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	378	Pb	0	-0.0001			0.00016	mg/L
2	std 1	379	Pb	1	0.0025	1.6134		0.00022	mg/L
3	std 2	380	Pb	2	0.0044	1.6134		0.00038	mg/L
4	std 3	381	Pb	3	0.0075	1.6134		0.00048	mg/L
5	std 4	382	Pb	4	0.0093	1.6134		0.00063	mg/L
6	std 5	383	Pb	5	0.0115	1.6134		0.00044	mg/L
7	Sampel awal	186	Pb		0.0033		1.4034	0.00088	mg/L
8	25' Sdmn 15rb ppm	118	Pb		0.0009		0.3950	0.00013	mg/L
9	50' Sdmn 15rb ppm	119	Pb		0.0008		0.3529	0.00034	mg/L
10	75' Sdmn 15rb ppm	120	Pb		0.0004		0.1849	0.00046	mg/L
11	100' Sdmn 15rb ppm	121	Pb		0.0007		0.3109	0.00019	mg/L
12	25' Fltrs 15rb ppm	337	Pb		0.0003		0.1429	0.00017	mg/L
13	50' Fltrs 15rb ppm	338	Pb		0.0007		0.3109	0.00103	mg/L
14	75' Fltrs 15rb ppm	339	Pb		0.0006		0.2689	0.00072	mg/L
15	100' Fltrs 15rb ppm	340	Pb		0.0003		0.1429	0.00028	mg/L

Mengetahui  
Kalah Instrumentasi Terpadu

Thorikul Huda, S.Si

Jogjakarta, 2 Juli 2007

Analisis

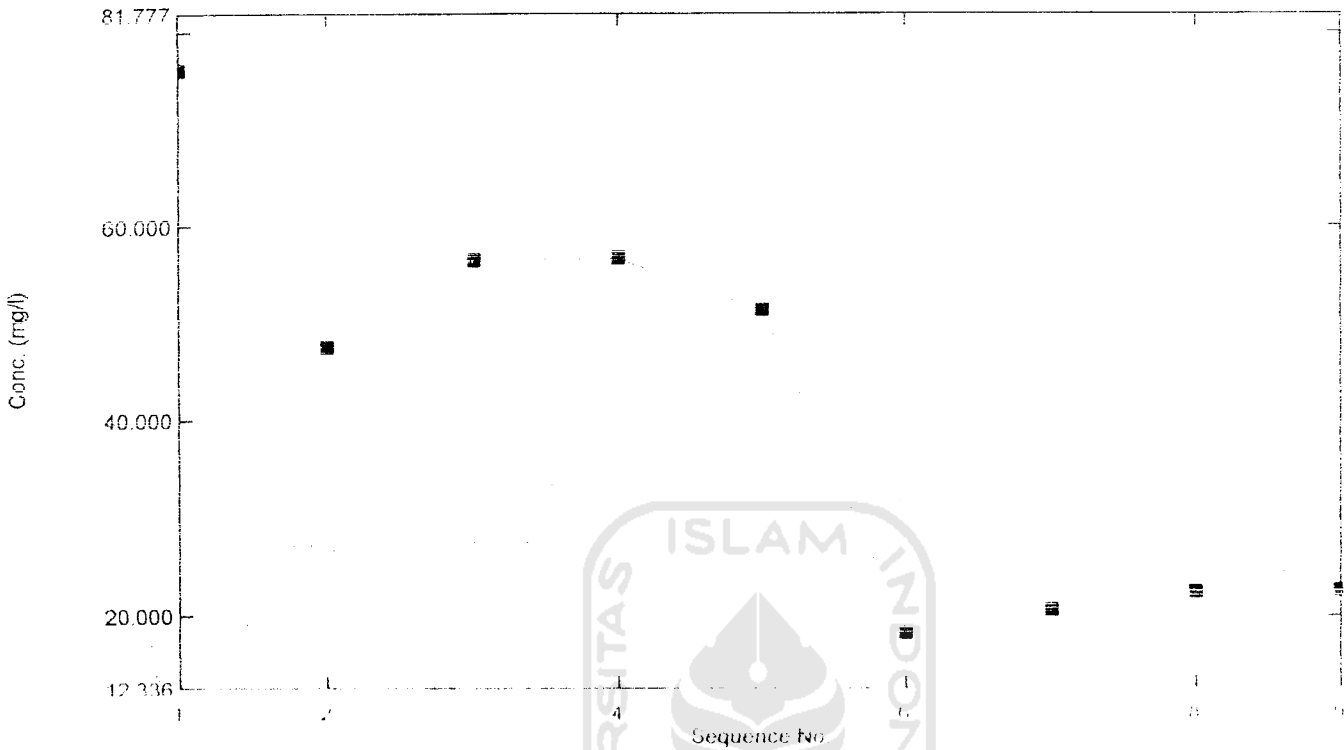
Yusuf Habibi, S.Si

# Sample Table Report

07/09/2007 11:08:25 PM

File Name: F:\Remediasi Warna\Warna 15000.pho

Sample Graph



Sample Table

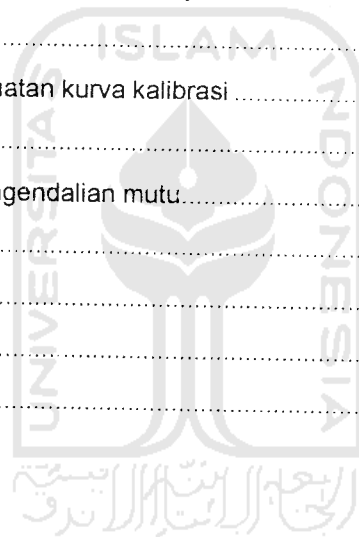
	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL355	Comments
1	Awal	Unknown		75.991	0.195	50 x
2	25' S	Unknown		47.649	0.122	25
3	50' S	Unknown		56.559	0.145	
4	75' S	Unknown		56.701	0.145	
5	100' S	Unknown		51.393	0.132	
6	25' F	Unknown		18.123	0.046	
7	50' F	Unknown		20.540	0.052	
8	75' F	Unknown		22.436	0.057	
9	100' F	Unknown		22.531	0.057	
10						

**Air dan air limbah – Bagian 8: Cara uji timbal (Pb)  
dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala**



## Daftar isi

Daftar isi .....	i
Prakata .....	ii
1 Ruang lingkup .....	1
2 Acuan normatif .....	1
3 Istilah dan definisi .....	1
4 Cara uji .....	2
4.1 Prinsip .....	2
4.2 Bahan .....	2
4.3 Peralatan .....	2
4.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji .....	2
4.5 Persiapan pengujian .....	2
4.6 Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi .....	3
4.7 Perhitungan .....	3
5 Jaminan mutu dan pengendalian mutu .....	3
5.1 Jaminan mutu .....	3
5.2 Pengendalian mutu .....	3
6 Rekomendasi .....	4
Lampiran A Pelaporan .....	5





## Prakata

Dalam rangka menyeragamkan teknik pengujian kualitas air dan air limbah sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1988 tentang Baku Mutu Air dan Nomor 37 Tahun 2003 tentang Metode Analisis Pengujian Kualitas air Permukaan dan Pengambilan Contoh Air Permukaan, maka dibuatlah Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengujian parameter-parameter kualitas air dan air limbah sebagaimana yang tercantum didalam Keputusan Menteri tersebut.

SNI ini merupakan hasil revisi dari SNI yang telah kadaluarsa dan menggunakan referensi dari metode standar internasional *JIS*. Metode ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta dikonsensuskan oleh Subpanitia Teknis Kualitas Air dari Panitia Teknis 207S, *Manajemen Lingkungan* dengan para pihak terkait.

Standar ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, ilmuwan, instansi teknis, pemerintah terkait dari pusat maupun daerah pada tanggal 30 Januari 2004 di Serpong, Tangerang – Banten.

Metode ini berjudul *Air dan air limbah – Bagian 8: Cara uji timbal (Pb) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala* yang merupakan revisi dari SNI 06-2517-1991 dengan judul *Metode pengujian kadar timbal dalam air dengan alat spektrofotometer serapan atom secara langsung*.



## Air dan air limbah – Bagian 8: Cara uji timbal (Pb) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala

### 1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan logam timbal, Pb dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan atom-nyala (SSA) pada kisaran kadar Pb 1,0 mg/L sampai dengan 20,0 mg/L dan panjang gelombang 283,3 nm.

### 2 Acuan normatif

JIS. K.0102.54.2002, *Testing methods for industrial wastewater.*

### 3 Istilah dan definisi

#### 3.1

##### **larutan induk logam timbal, Pb**

larutan yang mempunyai kadar logam timbal, Pb 1000 mg/L yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

#### 3.2

##### **larutan baku logam timbal, Pb**

larutan induk logam timbal, Pb yang diencerkan dengan air suling sampai kadar tertentu

#### 3.3

##### **larutan kerja logam timbal, Pb**

larutan baku logam timbal, Pb yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan mempunyai kisaran kadar Pb 0,0 mg/L; 1,0 mg/L; 5,0 mg/L; 10,0 mg/L; 15,0 mg/L dan 20,0 mg/L

#### 3.4

##### **larutan blanko**

air suling yang diasamkan atau perlakuannya sama dengan contoh uji

#### 3.5

##### **larutan pengencer**

larutan yang digunakan untuk mengencerkan larutan kerja, yang dibuat dengan cara menambahkan asam nitrat pekat ke dalam air suling sampai pH 2

#### 3.6

##### **kurva kalibrasi**

grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan absorbansi masuk yang merupakan garis lurus

#### 4 Cara Uji

##### 4.1 Prinsip

Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat-pengganggu yang terdapat dalam contoh uji dalam air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen,  $C_2H_2$ .

##### 4.2 Bahan

- a) air suling;
- b) asam nitrat,  $HNO_3$ ;
- c) larutan standar logam timbal, Pb; dan
- d) gas asetilen,  $C_2H_2$ .

##### 4.3 Peralatan

- a) SSA;
- b) lampu hallow katoda Pb;
- c) gelas piala 250 mL;
- d) pipet ukur 1 mL; 5 mL; 10 mL; 15 mL dan 20 mL;
- e) labu ukur 100 mL;
- f) corong gelas;
- g) pemanas listrik;
- h) kertas saring *whatman* 40, dengan ukuran pori  $\theta$  0.42  $\mu m$ ; dan
- i) labu semprot.

##### 4.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

Bila contoh uji tidak dapat segera dianalisa, maka contoh uji diawetkan dengan penambahan  $HNO_3$  p sampai pH kurang dari 2 dengan waktu simpan maksimal 6 bulan.

##### 4.5 Persiapan pengujian

###### 4.5.1 Persiapan contoh uji

- a) Masukkan 100 mL contoh uji yang sudah dikocok sampai homogen kedalam gelas piala.
- b) Tambahkan 5 mL asam nitrat.
- c) Panaskan di pemanas listrik sampai larutan contoh uji hampir kering.
- d) Ditambahkan 50 mL air suling, masukan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring dan ditepatkan 100 mL dengan air suling.

###### 4.5.2 Pembuatan larutan baku logam timbal, Pb 100 mg/L

- a) Pipet 10 mL larutan induk logam timbal, Pb 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL.
- b) Tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera.

#### 4.5.3 Pembuatan larutan kerja logam timbal, Pb

- Pipet 0 mL; 1 mL; 5 mL; 10 mL; 15 mL dan 20 mL larutan baku timbal, Pb 10,0 mg/L masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL.
- Tambahkan larutan pengencer sampai tepat tanda tera sehingga diperoleh konsentrasi logam timbal 0,0 mg/L; 1,0 mg/L; 5,0 mg/L; 10,0 mg/L; 15,0 mg/L dan 20,0 mg/L.

#### 4.6 Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

- Optimalkan alat SSA sesuai petunjuk penggunaan alat.
- Ukur masing-masing larutan kerja yang telah dibuat pada panjang gelombang 283,3 nm.
- Buat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.
- Lanjutkan dengan pengukuran contoh uji yang sudah dipersiapkan.

#### 4.7 4.7 Perhitungan

##### 4.7.1 Konsentrasi logam timbal, Pb

$$Pb \text{ (mg/L)} = C \times fp$$

dengan pengertian:

C adalah konsentrasi yang didapat hasil pengukuran (mg/L);  
fp adalah faktor pengenceran.

##### 4.7.2 Persen temu balik (% Recovery, % R)

$$\% R = \frac{A - B \times 100 \%}{C}$$

dengan pengertian:

- adalah kadar contoh uji yang di *spike*;
- adalah kadar contoh uji yang tidak di *spike*, dan
- adalah kadar standar yang diperoleh (*target value*).

## 5 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

### 5.1 Jaminan mutu

- Gunakan bahan kimia berkualitas murni (pa).
- Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu penyimpanan maksimum.

## 5.2 Pengendalian mutu

- a) Koefisiensi korelasi ( $r$ ) lebih kecil atau sama dengan 0,95 dengan intersepsi lebih kecil atau sama dengan batas deteksi.
- b) lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi
- c) lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis
- d) Jika koefisiensi variasi/standard deviasi relative hasil pengukuran lebih besar atau sama dengan 10% maka dilakukan pengukuran ketiga

## 6 Rekomendasi

### Kontrol akurasi

- a) Analisis *blind sample*.
- b) Untuk kontrol gangguan matriks lakukan analisis *spike matrix* kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115%.
- c) Buat kurva kendali (*control chart*) untuk akurasi analisis.



**Lampiran A**  
(normatif)  
**Pelaporan**

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analisis.
- 3) Tanggal analisis.
- 4) Rekaman hasil pengukuran duplo, triplo dan seterusnya.
- 5) Rekaman kurva kalibrasi atau kromatografi.
- 6) Nomor contoh uji.
- 7) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 8) Batas deteksi.
- 9) Rekaman hasil perhitungan.
- 10) Hasil pengukuran persen *spike matrix* dan *CRM* atau *blind sample* (bila dilakukan).
- 11) Kadar analit dalam contoh uji.



AMPIRAN

PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 82 TAHUN 2001  
TANGGAL 14 DESEMBER 2001

TENTANG

PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

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

<b>KIMIA ANORGANIK</b>						
		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
DO	mg/L	2	3	6	12	
CO <sub>D</sub>	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO <sub>3</sub> sebagai N	mg/L	10	10	20	20	

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



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

**MIKROBIOLOGI**

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

**RADIOAKTIVITAS**

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

**KIMIA ORGANIK**

Minyak dan Lemak	ug/L	1000	1000	1000	(-)
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)
Senyawa Fenol	ug/L	1	1	1	(-)
Sebagai Fenol	ug/L				
BHC	ug/L	210	210	210	(-)
Aldrin/Dieldrin	ug/L	17	(-)	(-)	(-)
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)
DDT	ug/L	2	2	2	2
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	ug/L	18	(-)	(-)	(-)
	ug/L				
Lindane	ug/L	56	(-)	(-)	(-)
Methoxyctor	ug/L	35	(-)	(-)	(-)
Endrin	ug/L	1	4	4	(-)
Toxaphan	ug/L	5	(-)	(-)	(-)

**Keterangan :**

mg = miligram

ug = mikrogram

ml = militer

L = liter

Bq = Bequerel

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut

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

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

Nilai DO merupakan batas minimum.

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

Tanda £ adalah lebih kecil atau sama dengan

Tanda < adalah lebih kecil

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

ttd.

MEGAWATI SOEKARNO PUTRI

