

TA/TL/2007/0215

| | |
|----------------------|---------------|
| PERPUSTAKAAN FTSP UH | |
| HADIAH/BELI | |
| TGL. TERIMA : | 07-12-2007 |
| NO. JUDUL : | 2744 |
| NO. INV. : | 5120002744001 |
| NO. INDUK : | 000744 |

TUGAS AKHIR

**PENURUNAN KADAR KROM (Cr) TOTAL PADA LINDI TPA
PIYUNGAN DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan

Guna Memperoleh Derajat Sarjana Strata-1 Teknik Lingkungan



الجامعة الإسلامية
INDONESIA



628.4
RAH

- LINDI
- TPA PIYUNGAN
- MET. ELEKTROKOAGULASI

Disusun Oleh :

Nama : ABDUL RAHMAN

NIM : 03 513 055

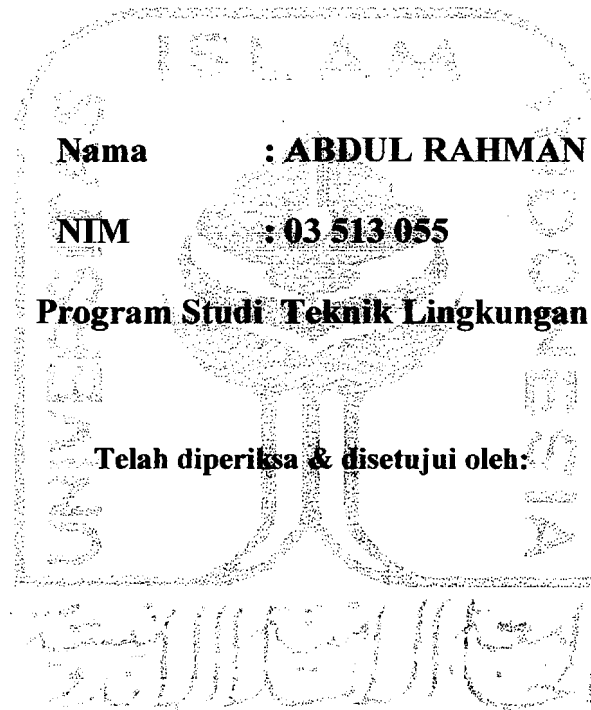
**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2007**

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UH YOGYAKARTA


LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

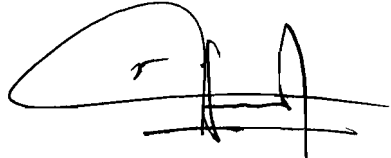
**PENURUNAN KADAR KROM (Cr) TOTAL PADA LINDI TPA
PIYUNGAN DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI**



LUQMAN HAKIM, ST, MSi
Pembimbing I


Tanggal: 27/07

TATANG S. JULIANTO SSi., MSi
Pembimbing II


Tanggal: 26 sept 2007

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan yang Maha Esa, Pencipta Alam semesta beserta isinya dan tempat berlindung bagi Umat-nya. Shalawat serta salam terlimpahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW.

Alhamdulillahirobbil'alam atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul **“PENURUNAN KADAR KROM (Cr) TOTAL PADA LINDI DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI”**

Penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat dorongan dan motivasi, bantuan, bimbingan dan arahan, serta adanya kerja sama dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah penulis mengaturkan banyak terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Luqman Hakim, ST., Msi., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dan sebagai dosen pembimbing I..
2. Bapak Tatang Sabur Julianto, Ssi., Msi., selaku dosen pembimbing II.
3. Bapak Eko Siswoyo, ST., selaku Koordinator Tugas Akhir.
4. Bapak Andik Yulianto, ST. ; Bapak Ir. H. Kasam, MT. ; Bapak Hudori, ST. ; Bapak Ir Hananto Hadi Purnomo, MSc. ; Ibu Yureana, ST., MSc. ; Ibu Any juliani, ST., MSc., dan seluruh dosen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Agus Adi Prananto, selaku bagian pengajaran urusan administrasi tugas di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
6. Pak Tasyono, Mas Iwan Ardiyanta dan Mas Yusuf Habibi, laboran Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca yang berkaitan dengan keilmuan maupun dapat menjadi studi literatur bagi penelitian yang berhubungan.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Jogjakarta, September 2007

Penulis

Abdul Rahman

SPECIAL THANKS FOR

- ★ Bapak-ibu dosen Teknik Lingkungan UII, yang telah membuat penulis dari tidak tahu menjadi tahu. Betapa besarnya amal yang engkau terima. Semoga Allah melindungi kita semua. Amin.
- ★ Bapak-bapak Laboran TL UII. Bapak Tasyono, Mas Yusuf dan Mas Iwan yang telah membantu dengan sabar di dalam menganalisa sampel dan bersedia membagikan sedikit ilmunya kepada penulis.
- ★ Teman-teman TA bareng : 2tik, Reci, As3n, Andes dan Alvi Tegal, akhirnya perjuangan kita selama ini terbalas sudah. Alhamdulillah. Amin.
- ★ Teman-teman TL UII 03 : Arif, Deni, Adit, Didi, Eman, Ali, Fadly, Uul, Ari, Asep, Capung, Cahyo, Yudis, Dedy, Adin, Prasta, Ervan, Mia, Nana, Risma, Angga, Ratih, Acem, Ari S, Ida Bima, Ida Cirebon, Ida Lombok, Pita As3, Heni, Lena, Evelin, Diana, Niensa, Ina, Rita, Eka, Vidya, Ika, Alvi Pasuruan, pipin, dll.
- ★ Seluruh Abang dan Mbak TL UII Angkatan 1999-2002. Terima kasih atas *sharing* ilmunya.
- ★ Adik-adik TL UII angkatan 2004 ke bawah, lanjutkan perjuangan kalian.
- ★ Teman-teman Kos Jakal 4,5 : Lutfy, Yudi, Bang Sata, dan Bang Apung.
- ★ Teman-teman Kos Neraka : Arif, Deni, Adit, Anggit, Bang Daus, Abah, AA Rahmat, Iksan Terompet, Iksan Gendut, Bang Ucok, Dedi Kendal, Fikry, Faisal, Ali, Lalu-pe, Ahim, (Alm) Gita, Greis, Rendy ; kapan-kapan qta kumpul lagi ya.
- ★ ~~Teman-teman kontrakan baru : Baim, Eja, Wawan Bolmong, Wawan Banjar.~~
- ★ Teman-teman kosnya Sisi : Rucha, Eny, Yohana, Rani, Ema, Betty, Ana, arna n Lutfy.
- ★ Guru-guruku dan Alumni Smansa Palu tahun kelulusan 2003, yang ada di Jogja maupun yang ada di Palu, yang sebagian sudah kulupa semua nama-namanya.
- ★ Guru-guruku dan Alumni Spensa Palu dan Parigi.
- ★ Guru-guruku dan Alumni SD Inpres Bumi bahari Palu, dan SD Inpres 1 Bantaya Parigi.
- ★ Te2h dan AA Burjo, Tukang Parkir, Tukang Tambal Ban, Tukang Cukur Rambut, Penjaga Warung Makan, Ibu Laundry diseluruh Jogja yang pernah menolong saya, terima kasih atas bantuannya.

DAFTAR ISI

| | | |
|----------------------------|-------|-------------|
| HALAMAN JUDUL | ----- | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ----- | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ----- | iii |
| MOTTO | ----- | iv |
| KATA PENGANTAR | ----- | v |
| DAFTAR ISI | ----- | viii |
| DAFTAR TABEL | ----- | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | ----- | xiii |
| INTISARI | ----- | xiv |
| ABSTRACT | ----- | xv |

BAB I PENDAHULUAN

| | | | |
|------|--------------------|-------|----------|
| 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 |

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

| | | | |
|--------|-------------------------------------|-------|----------|
| 2.1. | Sumber dan karakteristik air limbah | ----- | 4 |
| 2.1.1. | Pengertian limbah | ----- | 4 |

| | |
|---|----|
| 2.1.2. Sumber air limbah ----- | 5 |
| 2.1.3. Komposisi limbah ----- | 6 |
| 2.1.4. Karakteristik air limbah ----- | 6 |
| 2.2. Parameter penelitian ----- | 8 |
| 2.2.1. Lindi ----- | 8 |
| a. Pengertian lindi ----- | 9 |
| b. Proses pembentukan lindi ----- | 10 |
| c. Karakteristik lindi ----- | 11 |
| d. Pergerakan lindi dalam <i>landfill</i> ----- | 12 |
| 2.2.2. Kromium ----- | 15 |
| 2.2.3. Kegunaan kromium ----- | 16 |
| 2.2.4. Kromium dalam lingkungan ----- | 17 |
| 2.2.5. Prinsip analisa logam kromium ----- | 20 |
| 2.3. Elektrokoagulasi ----- | 21 |
| 2.4. Arus listrik ----- | 25 |
| 2.5. Aerasi ----- | 27 |
| 2.6. Hipotesa ----- | 27 |

BAB III METODE PENELITIAN

| | |
|--------------------------------|----|
| 3.1. Lokasi Penelitian ----- | 28 |
| 3.2. Obyek Penelitian ----- | 28 |
| 3.3. Waktu Penelitian ----- | 28 |
| 3.4. Variabel Penelitian ----- | 28 |
| 3.5. Tahap Pelaksanaan ----- | 29 |

| | | |
|--------|--------------------------------------|----|
| 3.5.1. | Bahan Penelitian | 29 |
| 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 | 32 |
| 3.8. | Analisa Data | 32 |

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

| | | |
|--------|---------------------------------------|----|
| 4.1. | Pra Studi | 33 |
| 4.1.1. | Desain Alat | 33 |
| a. | Bak Elektrokoagulasi | 33 |
| b. | Bak <i>Baffle Channel Flocculator</i> | 34 |
| c. | Bak Sedimentasi | 35 |
| d. | Bak Filtrasi | 37 |
| 4.1.2. | Percobaan Awal | 39 |
| A. | Jenis dan Dosis Koagulan | 40 |
| B. | Elektroda | 47 |
| C. | Waktu Kontak | 48 |
| 4.1.3. | Parameter Fisik | 48 |
| 1. | pH | 48 |
| 2. | DHL | 49 |
| 3. | TSS | 50 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4. | TDS ----- | 51 |
| 5. | Warna ----- | 53 |
| 6. | Salinitas ----- | 56 |
| 7. | Suhu ----- | 58 |
| 8. | DO ----- | 59 |
| 4.2 | Hasil dan Pembahasan ----- | 61 |
| 4.2.1. | Konsentrasi Cr Total dalam lindi TPA Piyungan ----- | 61 |
| 4.2.2. | Dosis koagulan tawas 15000 dan 20000 ppm ----- | 61 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

| | | |
|------|------------------|----|
| 5.1. | Kesimpulan ----- | 75 |
| 5.2. | Saran ----- | 75 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1. Nilai Permeabilitas Tanah Untuk Berbagai Macam Tekstur Tanah----- | 13 |
| Tabel 2.2. Beberapa Sifat Fisik Logam Khromium----- | 15 |
| Tabel 2.3. Perbedaan antara koagulasi, elektrolisis dan elektrokoagulasi----- | 25 |
| Tabel 4.1. Tabel percobaan <i>jar test</i> dengan variasi koagulan----- | 43 |
| Tabel 4.2. Tabel percobaan elektrokoagulasi dengan variasi dosis tawas ----- | 46 |
| Tabel 4.3. Parameter fisik ----- | 60 |
| Tabel 4.4. Hasil Pengujian Awal Konsentrasi Cr Total ----- | 61 |

DAFTAR LAMPIRAN

1. Tabel-tabel hasil pengujian konsentrasi krom total dengan dosis 15000 dan 20000 ppm
2. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 82 Tahun 2001
3. Hasil Analisa Logam Kromium

PENURUNAN KADAR KROM (Cr) TOTAL PADA LINDI TPA PIYUNGAN DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

Luqman Hakim, Tatang Sabur Julianto, Abdul Rahman

E-mail : chakalank@yahoo.com

Intisari

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu kontak, dosis tawas serta penurunan konsentrasi krom pada lindi yang berasal dari TPA Piyungan melalui proses elektrokoagulasi. Proses elektrokoagulasi ini adalah suatu proses mengalirkan arus listrik searah melalui batangan tembaga dan aluminium yang dipasang secara paralel dalam suatu bak persegi empat. Anoda akan melepaskan ion Cu^{2+} untuk mendestabilisasi koloid (koagulasi) dan katoda akan melepaskan gas hidrogen menyebabkan partikel yang terdestabilisasi dalam bentuk flak akan mengapung ke atas.

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

Didapatkan pengaruh waktu kontak dan dosis tawas terhadap efisiensi konsentrasi krom. Semakin lama dan semakin besar dosis tawas efisiensi konsentrasi krom semakin meningkat. Efisiensi paling tinggi terjadi pada waktu kontak 50 menit pada dosis tawas 20000 ppm sebesar 99,4% dan efisiensi paling rendah terjadi pada waktu kontak 50 menit dengan dosis tawas 15000 ppm sebesar 94,2%. Kekurangan dari elektrokoagulasi ini adalah pengkroposan batangan anoda sebagai adanya reaksi oksidasi dalam air ketika dialiri listrik, untuk itu kedepannya agar digunakan alternatif lain penggunaan batangan anoda yang sulit teroksidasi. Dari hasil penelitian ini disarankan untuk mengembangkan desain yang lebih besar dan lebih lengkap dari desain standar yang dipakai pada penelitian ini.

Kata kunci : Krom, lindi, TPA Piyungan, elektrokoagulasi, elektroda.

REMOVAL OF CHROMIUM (Cr) FROM LEACHATE TPA PIYUNGAN USING ELECTROCOAGULATION METHOD

Luqman Hakim, Tatang Sabur Julianto, Abdul Rahman

E-mail : chakalank@yahoo.com

Abstract

The object of this research is to know the time influence contacted, alum dose and also degradation of chrome concentration at leachate coming from TPA Piyungan through process electrocoagulation. Electrocoagulation is a process conduct the unidirectional electric current through a bar of copper and aluminium attached parallelly in a square basin. Anode will discharge the ion Cu^{2+} for destabilisation of colloid koagulasi and cathode will discharge the hydrogen gas causing the particle in the form of flocs will be float to up.

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

Is got a time influence contact and alum dose to efficiency of chrome concentration. Longer and ever greater dose of alum, efficiency of chrome concentration progressively up. Became the highest efficiency of time contact 50 minute of alum dose 20000 ppm equal to 99,4% and became the lowest efficiency of time contact 50 minute with the alum dose 15000 ppm equal to 94,2%. The sacrificial electrodes are dissolved into wastewater streams as a result of oxidation, and need to be regularly replaced. From this research result is suggested to develop the desain of larger ones and more complete from desain standard weared at this research.

Keywords : Chromium, leachate, TPA Piyungan, electrocoagulation, electrodes

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

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

Pada umumnya TPA melalui proses dekomposisi sampah organik akan menghasilkan gas-gas dan cairan yang disebut Lindi (*Leachate*). Lindi mengandung bahan-bahan kimia, baik organik maupun anorganik serta mikroba parasit seperti kutu air (*sarcoptes sp*) yang dapat menyebabkan gatal-gatal pada kulit. Dengan demikian, buangan lindi yang berwarna keruh dan melebihi baku mutu limbah cair akan mencemari tanah dan sungai apabila tidak diolah terlebih dahulu (Joko Prayitno dan Sri Pudji, 2007).

Salah satu unsur yang terkandung dalam Lindi (*Leachate*), yaitu logam Cr, dimana sumber pencemaran logam Cr ini antara lain, sisa-sisa cat, batu baterai bekas buangan industri penyamakan kulit, dan lain-lain. Karakteristik lain yang ada pada Lindi (*Leachate*) ini, ada beberapa bentuk, antara lain: berupa bau, dan warna, hal ini dibiarkan secara terus-menerus tanpa adanya proses pengolahan akan berbahaya bahkan dapat menjadi pemutus mata rantai dari suatu tatanan lingkungan hidup atau penghancuran suatu jenis organisme yang pada tingkat akhirnya akan menghancurkan suatu tatanan ekosistem. Hal ini karena adanya kemajuan teknologi dan industri dewasa ini yang semakin meningkat dengan berbagai aktivitasnya dapat meningkatkan kandungan logam berat dalam tanah dan perairan.

Konsentrasi logam berat yang tinggi pada perairan, dapat masuk kedalam rantai makanan dan berpengaruh buruk terhadap organisme, kesehatan makhluk hidup dan lingkungannya. Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam Cr dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam tersebut kedalam

lingkungan. Logam Cr dapat masuk kedalam semua strata lingkungan, apakah itu pada strata perairan, tanah maupun udara. Sumber utama masuknya Cr ke dalam lapisan udara dari suatu strata lingkungan adalah dari pembakaran dan mobilisasi batubara dan minyak bumi. Dalam badan perairan, Cr dapat masuk melalui dua cara, yaitu secara alamiah dan non alamiah. Masuknya Cr secara alamiah dapat terjadi disebabkan oleh beberapa faktor fisika, seperti erosi yang terjadi pada batuan mineral. Masuknya Cr yang terjadi secara non alami lebih merupakan dampak atau efek dari aktifitas yang dilakukan manusia.

Keracunan yang disebabkan oleh keberadaan logam Cr dalam tubuh antara lain: dapat menyebabkan timbulnya kanker paru-paru. Karena itu pula Cr digolongkan sebagai B3 karena dapat menyebabkan karsinogen.

1.2 Rumusan Masalah.

Berdasarkan uraian tersebut diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- a. Apakah waktu kontak dan dosis koagulan berpengaruh terhadap penurunan kadar Cr dalam Lindi.
- b. Bagaimana tingkat efisiensi dari proses elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar Cr dalam Lindi.

1.3 Batasan Masalah

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

1. Lindi di ambil dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Kota Yogyakarta terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul.
2. Parameter yang dianalisa adalah kadar Cr terkandung dalam Lindi.
3. Batangan elektroda yang digunakan adalah batangan tembaga dan aluminium.
4. Kualitas air Lindi sesudah perlakuan menggunakan proses secara elektrokoagulasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh waktu kontak dan dosis koagulan dalam pengolahan yang menggunakan metode elektrokoagulasi.
2. Mengetahui tingkat efisiensi penurunan kadar Cr yang terkandung dalam Lindi setelah melalui proses elektrokoagulasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian dari penelitian ini adalah :

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber dan Karakteristik Air Limbah

2.1.1 Pengertian Limbah

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

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

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

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

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

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

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

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

2.1.2 Sumber Air Limbah

Menurut sugiharto (2005) sumber dan asal air limbah dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

a. Air limbah rumah tangga

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

b. Air limbah industri

Jumlah aliran limbah yang berasal dari daerah industri sangat bervariasi tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, derajat pengolahan air limbah yang ada. Puncak tertinggi aliran selalu tidak akan dilewati apabila menggunakan tangki penahan dan bak pengaman, untuk memperkirakan jumlah air yang dihasilkan oleh industri yang tidak menggunakan proses basah diperkirakan 50 m³/ha/hari. Sebagai patokan dapat digunakan pertimbangan bahwa 85-95 % dari jumlah air yang dipergunakan adalah berupa air limbah apabila industri

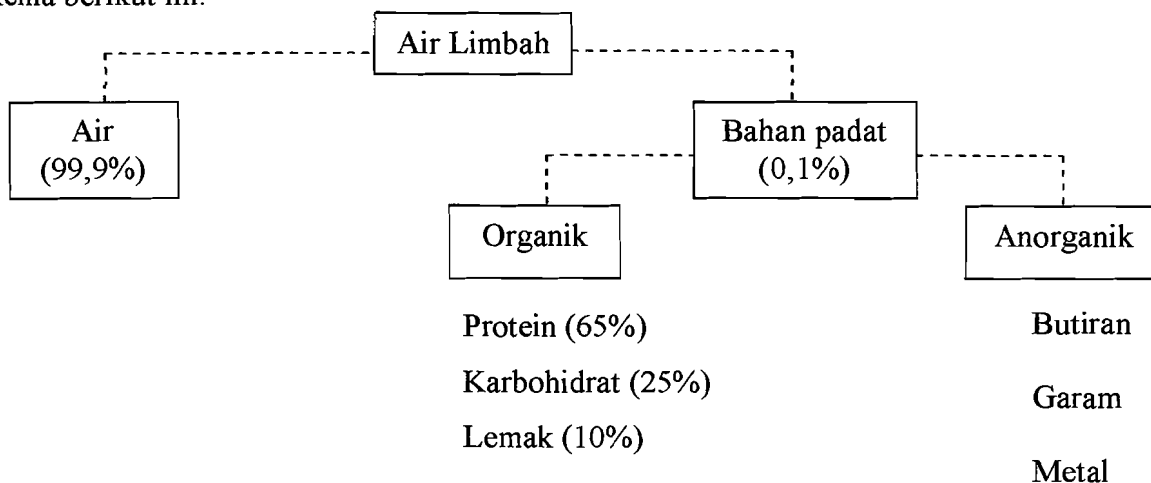
tersebut tidak menggunakan kembali air limbah. Apabila industri tersebut menggunakan kembali air limbahnya maka jumlahnya akan lebih kecil.

c. Air limbah rembesan dan tambahan

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

2.1.3 Komposisi Air Limbah

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



Gambar 2.1 Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air limbah (Sugiharto, 2005).

2.1.4 Karakteristik air limbah

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

a. Karakter Fisika

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

b. Karakter kimia

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

c. Karakter Biologis

Mikroorganisme ditemukan dalam jenis yang sangat bervariasi hampir dalam semua bentuk air limbah. biasanya dengan konsentrasi 10^5 - 10^8 organisme/ml. Kebanyakan merupakan sel tunggal yang bebas ataupun berkelompok dan mampu melakukan proses-proses kehidupan (tumbuh, metabolisme, dan reproduksi). Secara tradisional, mikroorganisme dibedakan menjadi binatang dan tumbuhan. Namun, keduanya sulit dibedakan. Oleh karena itu, mikroorganisme kemudian dimasukkan kedalam kategori protista, status yang sama dengan binatang ataupun tumbuhan. Virus diklasifikasikan secara terpisah. Keberadaan bakteri dalam unit pengolahan air limbah merupakan kunci efisiensi proses biologis. Bakteri juga berperan penting untuk mengevaluasi kualitas air.

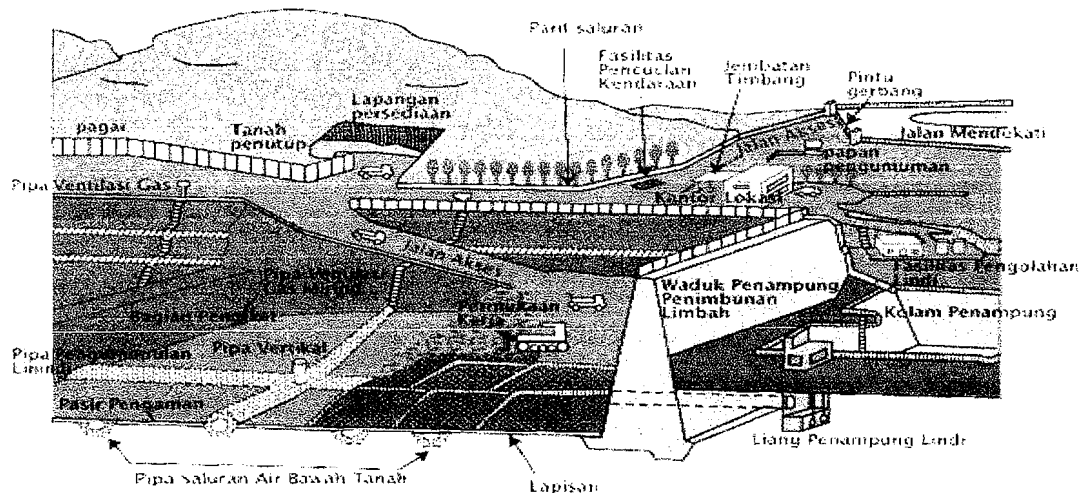
2.2 Parameter Penelitian

2.2.1 Lindi (*leachete*)

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

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

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



Gambar 2.1 Sketsa pengolahan sampah menggunakan *sanitary landfill*

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

a. Pengertian Lindi

Lindi merupakan hasil dari proses anaerobik karena oksigen yang terdapat pada senyawa organik sampah telah berkurang dan mempunyai hasil akhir berupa pembentukan gas CH_4 dan SO_2 sebagai hasil dan proses dekomposisi yang berbentuk cairan dan mempunyai konsentrasi kimia yang cukup tinggi. Lindi yang tidak dikelola akan menyebabkan terjadinya proses dekomposisi sampah padat terhambat, karena syarat kelembaban nisbinya tidak terpenuhi, juga dapat menimbulkan pencemaran udara karena bau busuk (H_2S) yang ditimbulkan dari proses dekomposisi bahan-bahan organik yang terkandung dalam lindi.



Gambar 2.2 Air lindi TPA Piyungan

b. Proses Pembentukan Lindi

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

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

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

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

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



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

c. Karakteristik Lindi

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

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

Dekomposisi sampah akibat aktivitas mikrobia adalah sebagai berikut :

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

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

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

d. Pergerakan Lindi Dalam *Landfill*

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

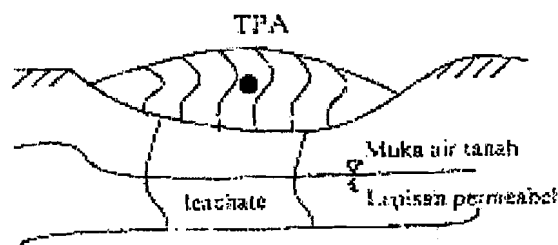
Tabel 2.1. Nilai Permeabilitas Tanah Untuk Berbagai Macam Tekstur Tanah

| No | Tekstur Tanah | K | | | |
|----|--|-------------|---|-------------------------------------|-----------------------------|
| | | ft/hari | cm/dtk | M ³ /m ² hari | Gallon/ft ² hari |
| 1 | Pasir (yang susunannya) kasar | 1333 | $4,75 \times 10^{-5}$ | 406,777 | 9470 |
| 2 | Pasir dengan ukuran sedang | 333 | $1,18 \times 10^{-5}$ | 101,6 | 2496 |
| 3 | Pasir dan batu kerikil yang bersih dan | 333 | $1,18 \times 10^{-5}$ | 101,6 | 2490 |
| 4 | Pasir dengan kualitas sama baik | 13,3 | $4,74 \times 10^{-7}$ | 4,08 | 100 |
| 5 | Pasir berlumpur dan kerikil berkualitas baik | 1,3 | $4,64 \times 10^{-8}$ | 0,39 | 9,7 |
| 6 | Pasir dengan endapan lumpur | 0,16 | $5,71 \times 10^{-9}$ | 0,048 | 2,2 |
| 7 | Endapan lumpur | 0,16 | $5,71 \times 10^{-9}$ | 0,16 | 2,2 |

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

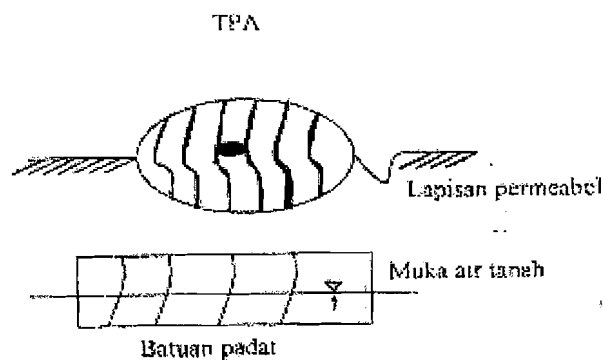
Pola pencemaran lindi terhadap air tanah pada berbagai tekstur tanah dijelaskan sebagai berikut :

- Pada lapisan permeabel unsure pasir, kerikil, tuf kasar, batuan konglomerat, breksi. Lindi dari dasar *landfill* cepat merembes mencapai muka air tanah maka pergerakan lindi dipercepat oleh aliran air tanah.



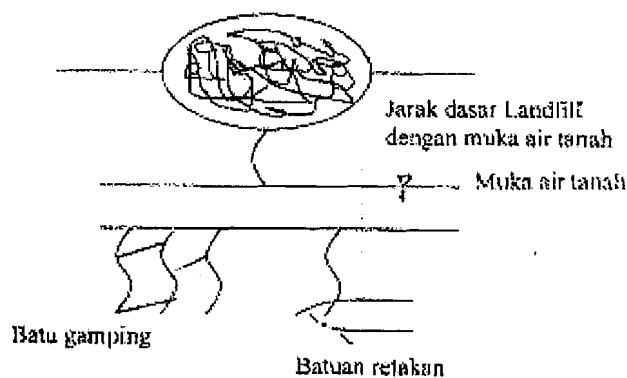
Gambar 2.4 Pergerakan lindi pada lapisan permeabel

- b. Pada lapisan impermeabel misalnya lempung, lanau dengan batuan induk yang rapat. Pergerakan lindi mencapai air tanah relatif.



Gambar 2.5 Pergerakan leachate pada lapisan impermeabel

- c. Pergerakan lindi pada batuan yang mengalami keretakan sangat dipengaruhi jarak dasar *landfill* TPA muka air tanah, diilustrasikan pada gambar di bawah.



Gambar 2.3 Pergerakan lindi pada batuan yang mengalami retakan

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

2.2.2 Kromium

Kata kromium berasal dari bahasa Yunani (chromo) yang berarti warna. Dalam bahan kimia kromium dilambangkan dengan Cr sebagai salah satu unsur logam berat. Logam Cr pertama kali ditemukan oleh Vauquelin pada tahun 1797. Logam ini merupakan logam kristalin yang putih keabu-abuan dan tidak begitu liat (Palar, 1994).

Kromium adalah elemen yang secara alamiah ditemukan dalam konsentrasi yang rendah di batuan, hewan, tanaman, tanah, debu vulkanik dan juga gas. Kromium terdapat di alam dalam beberapa bentuk senyawa yang berbeda. Bentuk yang paling umum adalah kromium (0), kromium (III) dan kromium (VI). Berdasarkan sifat kromium dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.2. Beberapa Sifat Fisik Logam Kromium

| | |
|---|-------------|
| Lambang | Cr |
| Nomor atom | 24 |
| Massa atom relatif (Ar) | 51,996 |
| Konfigurasi elektron | $3d^5 4s^1$ |
| Jari-jari atom (nm) | 0,117 |
| Jari-jari ion M^{3+} (nm) | 0,069 |
| Keelektronegatifan | 1,6 |
| Energi ionisasi (I) kJ mol^{-1} | 659 |
| Kerapatan (g cm^{-3}) | 7,19 |
| Titik leleh ($^{\circ}\text{C}$) | 1890 |
| Titik didih ($^{\circ}\text{C}$) | 2475 |
| Bilangan oksidasi | 2,3,6 |
| Potensial elektroda (V) | |
| $M^{2+}(\text{ag}) + 2e \rightarrow M(\text{s})$ | -0,56 |
| $M^{3+}(\text{ag}) + e \rightarrow M^{2+}(\text{ag})$ | -0,41 |

(Sumber : Achmad, H, 1992 kimia unsur dan radio kimia)

Dalam bidang industri kromium diperlukan dalam dua bentuk, yaitu kromium murni dan aliansi besi-kromium yang disebut ferokromium sedangkan logam kromium murni tidak pernah ditemukan di alam. Logam ini di alam

ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain sebagai bahan mineral, Cr paling banyak ditemukan dalam bentuk chromite (FeOCr_2O_3). Kadang-kadang pada batuan mineral chromite juga ditemukan logam-logam Mg (magnesium), Al (aluminium) dan senyawa SiO_3 (silikat). Logam-logam dan senyawa silikat tersebut dalam mineral *chromite* bukanlah merupakan penyusunan pada *chromite* melainkan berperan sebagai pengatur (impurities). (Palar, 1994)

Berdasarkan pada sifat-sifat kimianya, logam Cr dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksida 2+, 3+ dan 6+. Sesuai dengan valensi yang dimilikinya, logam atau ion-ion kromium yang telah membentuk senyawa, mempunyai sifat-sifat yang berbeda sesuai dengan tingkat ionisasinya. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{2+} akan bersifat basa, senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{3+} bersifat amfoter dan senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam. Ion kromat (CrO_4^{2-}) bila berada dalam suasana asam, akan menimbulkan sifat sebagai penyebab terjadinya peristiwa reduksi (oksidator) yang sangat kuat. Disamping semua itu, senyawa-senyawa yang terbentuk dari ion-ion kromium mempunyai kemiripan sifat dengan senyawa-senyawa yang dibentuk oleh ion logam lain. Sebagai contoh, senyawa-senyawa yang dibentuk dari ion Cr^{2+} mempunyai sifat yang sangat mirip dengan senyawa-senyawa yang dibentuk dari ion Fe^{2+} , dan senyawa-senyawa yang dibentuk dari ion-ion Cr^{3+} mempunyai sifat yang sangat mirip dengan senyawa-senyawa yang dibentuk dari ion Al^{3+} (Palar, 1994).

2.2.3 Kegunaan kromium

Kromium telah dimanfaatkan secara luas dalam kehidupan manusia. Dalam industri *metallurgy*, logam ini banyak digunakan dalam penyepuhan logam (*Chromium plating*) yang memberikan dua sifat, yaitu dekoratif dan sifat kekerasan yang mana *Chromium plating* ini banyak digunakan pada macam-macam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai ke alat transportasi.

Kromium dapat pula digunakan dalam alat penganalisa nafas, yang mana alat ini digunakan oleh polisi untuk menangkap peminum alkohol yang mengemudi mobil. Dalam bidang kesehatan, kromium dapat digunakan sebagai

orthopedi, radioisotop kromium dalam bentuk Cr-51 yang dapat menghasilkan sinar gamma digunakan sebagai penandaan sel-sel darah merah serta sebagai penjinak tumor tertentu (Palar, 1994).

Dalam industri kimia, krom digunakan sebagai :

1. Cat pigmen (*dying*), dapat berwarna merah, kuning, orange dan hijau
2. *Electroplating (chrome plating)*
3. Penyamakan kulit
4. *Treatment woll*

Dari aktifitas atau kegiatan diatas merupakan kontributor/sumber utama terjadinya pencemaran krom ke air dan limbah padat dari sisa proses penyamakan kulit juga dapat menjadi sumber kontaminasi air tanah.

2.2.4 Kromium dalam lingkungan

Logam Cr dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, apakah itu pada strata perairan, tanah ataupun udara (lapisan atmosfer). Kromium yang masuk kedalam strata lingkungan dapat datang dari bermacam-macam sumber, tetapi sumber-sumber masukan logam Cr ke dalam strata lingkungan yang umum dan diduga paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilisasi bahan-bahan bakar.

Sumber utama dari masuknya Cr ke lapisan udara dari suatu strata lingkungan adalah dari pembakaran yang dilakukan terhadap batu bara, akan dilepaskan Cr ke udara sebesar 10 ppm, sedangkan dari pembakaran minyak bumi akan dilepaskan Cr ke udara sebesar 0,3 ppm. Keadaan ini dapat diartikan bahwa setiap tahunnya akan dilepas sebanyak 1400 ton Cr ke udara yang berasal dari proses pembakaran batu bara, dan sebanyak 50 ton Cr yang berasal dari proses pembakaran menggunakan minyak bumi.

Dalam badan perairan Cr dapat masuk melalui dua cara, yaitu secara alamiah dan nonalamiah. Masuknya Cr secara alamiah dapat terjadi disebabkan oleh beberapa faktor fisika, seperti erosi (pengikisan) yang terjadi pada batuan mineral. Disamping itu debu-debu dan partikel-partikel Cr yang diudara akan dibawa turun oleh air hujan. Masukan Cr yang terjadi secara nonalamiah lebih merupakan dampak atau efek dari aktifitas yang dilakukan manusia. Sumber-

sumber Cr yang berkaitan dengan aktifitas manusia dapat berupa limbah atau buangan industri sampai buangan rumah tangga.

Dalam badan perairan, terjadi bermacam-macam proses kimia, mulai dari proses pengompleksan sampai pada reaksi redoks. Proses kimia tersebut juga terjadi pada logam kromium yang ada di perairan. Proses kimia seperti pengompleksan dan sistem reaksi redoks, dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan dan atau sedimentasi logam Cr di dasar perairan. Proses-proses kimiawi berlangsung dalam badan perairan juga dapat mengakibatkan terjadinya peristiwa reduksi dari senyawa-senyawa Cr^{6+} yang sangat beracun menjadi Cr^{3+} yang kurang beracun. Peristiwa reduksi yang terjadi atas senyawa Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} , lingkungan yang bersifat asam atau ampoter. Untuk perairan yang berlingkungan basa, ion-ion Cr^{3+} akan diendapkan di dasar perairan (Palar, 1994).

2.2.5 Kontaminasi kromium

Sebagai logam berat, Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh logam Cr ditentukan oleh valensi ionnya. Logam Cr^{6+} merupakan bentuk yang paling banyak dipelajari sifat racunnya dibanding ion-ion Cr^{2+} dan Cr^{3+} . Sifat racun yang dibawa logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis.

Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ pada manusia ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati. Tingkat keracunan Cr pada manusia diukur melalui kandungan Cr dalam Urine, kristal asam kromat yang sering digunakan sebagai obat untuk kulit, akan tetapi penggunaan senyawa tersebut sering kali mengakibatkan keracunan yang fatal (Palar, 1994).

Dampak kelebihan Cr pada tubuh akan terjadi pada kulit, saluran pernafasan, ginjal dan kulit. Efek pada kulit disebabkan karena asam kromit dikromat dan Cr^{6+} lain disamping iritan yang kuat juga.

Pengaruh terhadap pernafasan yaitu iritasi paru-paru akibat menghirup debu Cr dalam jangka panjang dan mempunyai efek juga terhadap iritasi kronis, Polip kronis. Gejala lain dari keracunan akut Cr^{6+} adalah vertigo, haus, muntah, shock, kom dan mati. Kromium merupakan salah satu logam berat yang sangat

beracun dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, karena dapat dengan cepat merusak protein.

Kontaminasi chrom dapat terjadi melalui :

1. Pengisian udara tercemar

Dengan menghisap udara yang tercemar chrom akan mengakibatkan peradangan dan kanker paru-paru. Di Amerika kasus ini mengakibatkan kematian sebesar 4 kali angka kematian normal dan dalam kasus yang serupa (karsinoma paru-paru)

2. Kontak langsung

Bisul merupakan salah satu ciri luka yang diakibatkan oleh kontak langsung dengan chrom pada kulit dan luka akan membengkak berubah selama beberapa minggu. Selain itu karakter luka akibat kontak langsung dengan chrom dapat pula terjadi pada hidung, lalu merambat keselaput lendir dan pembengkakan pada saluran pernapasan.

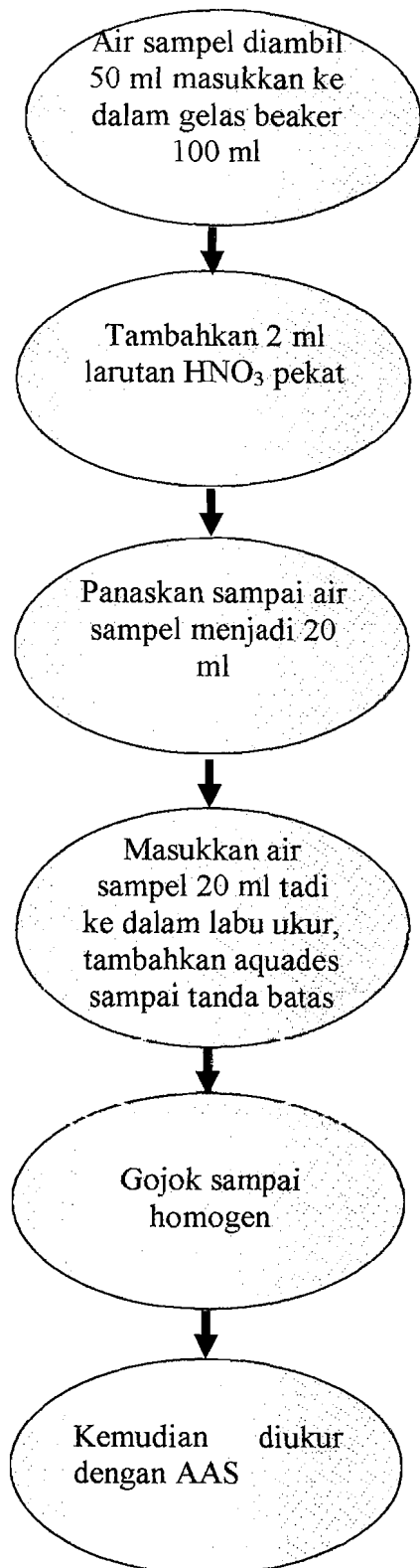
3. Makanan dan minuman

Chrom yang masuk kedalam tubuh manusia melalui air minum akan menumpuk di liver, limpa dan ginjal secara bersamaan, dalam waktu yang panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker, selain itu chrom akan dengan cepat menyebar ke pembuluh darah.

2.2.1 Prinsip analisa logam kromium

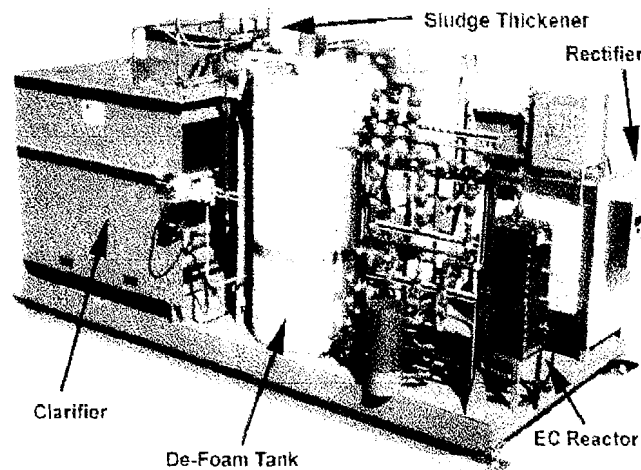
1. Analisa Cr Total

Pemeriksaan Kandungan Cr Total



2.3 Elektrokoagulasi

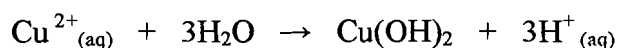
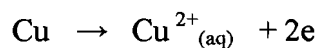
Proses koagulasi adalah proses pencampuran koagulan dengan air sedemikian rupa sehingga membentuk campuran yang homogen, yaitu koagulan tersebar merata di setiap bagian air. Koagulan yang tersebar merata disebut inti flok. Jadi larutan homogen pada proses koagulasi yaitu inti flok yang berasal dari koagulan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



Gambar 2.2 Alat elektrokoagulasi buatan Kalselco (sumber : Kalselco Inc.)

Proses elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinu dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana salah satu elektrodanya terbuat dari aluminium. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi oksidasi, yang mengandung logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutub negatif sedangkan elektroda positif (Cu) akan teroksidasi menjadi $[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ yang berfungsi sebagai koagulan.

Reaksi pembentukan inti flok $[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ sebagai hasil reaksi oksidasi tembaga:



konstan terhadap waktu. Sehingga disebut searah karena medianya selalu sama meskipun besarnya berubah-ubah.

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

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

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

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

Dimana :

W = massa zat yang dihasilkan

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

i = arus dalam ampere

t = waktu dalam satuan detik

F = tetapan Faraday dimana 1 faraday = 96500 coulomb

i x t = arus dalam satuan coulomb

$\frac{ixt}{F}$ = 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 Ar bukan e = $\frac{Ar}{n}$, sehingga

rumus Faraday I menjadi :

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

Dimana :

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

2.5 Aerasi

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

2.6 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 krom 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, UII, Yogyakarta.



Gambar 3.1 Lokasi pengambilan sampel lindi TPA Piyungan

3.2. Obyek Penelitian

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

3.3. Waktu Penelitian

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

3.4. Variabel Penelitian

Variasi penelitian dalam penelitian meliputi :

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

3.5. Tahap pelaksanaan

3.5.1. Bahan Penelitian

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

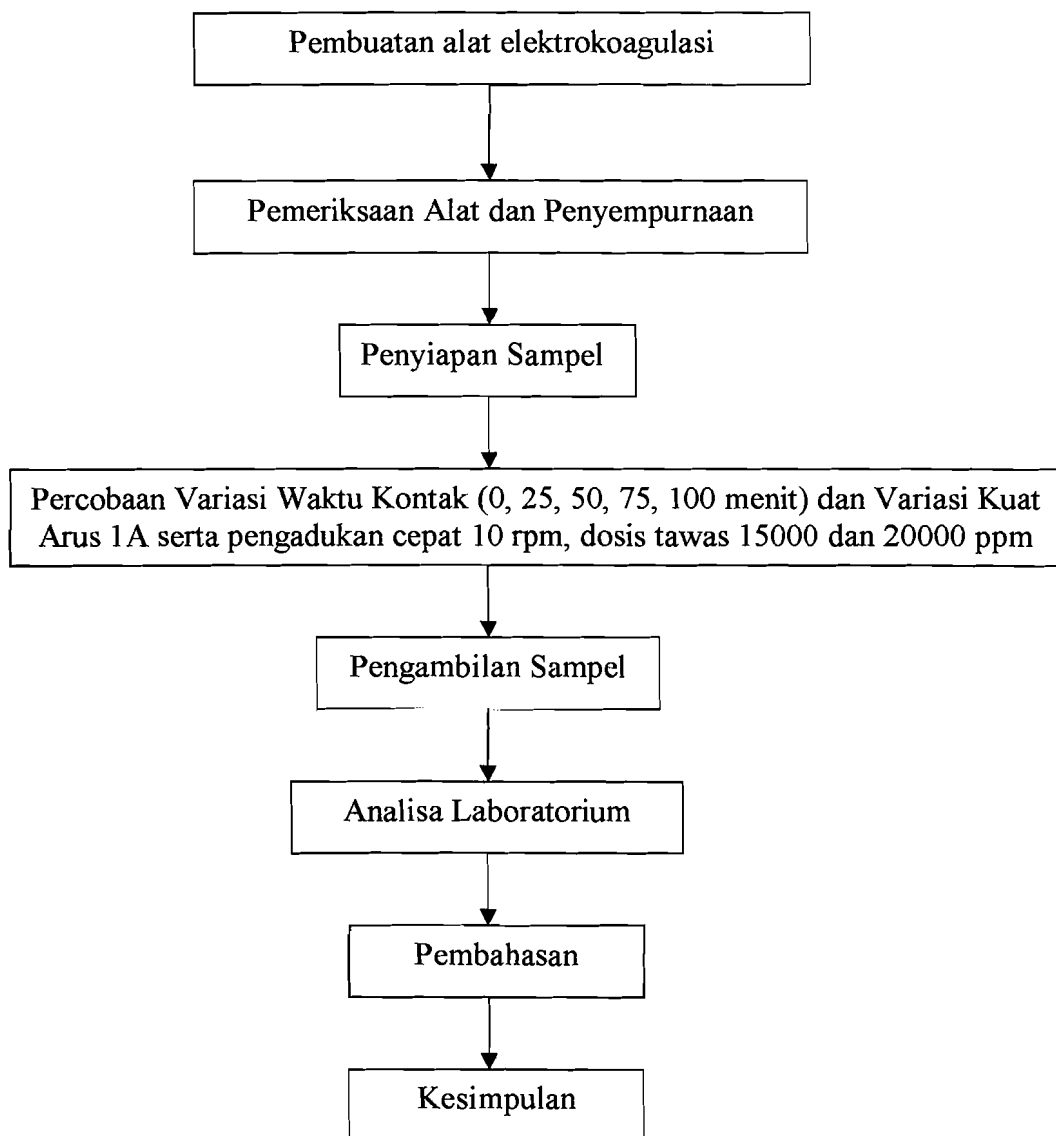
3.5.2. Alat yang digunakan dalam penelitian

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

16. Pipet 25 ml
17. Karet Hisap
18. Gayung

3.6. Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian adalah :



Gambar 3.2 Diagram Tahap Penelitian

3.7. Langkah Penelitian

3.7.1 Tahap Persiapan

1. Pengambilan sampel

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

3.7.2 Pembuatan Alat Elektrokoagulasi

Pembuatan alat elektrokoagulasi ini terdiri dari tiga komponen penting yaitu:

1. Bak elektrokoagulasi

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

2. Bak *Baffle Channel Flocculator*

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

3. Bak Sedimentasi

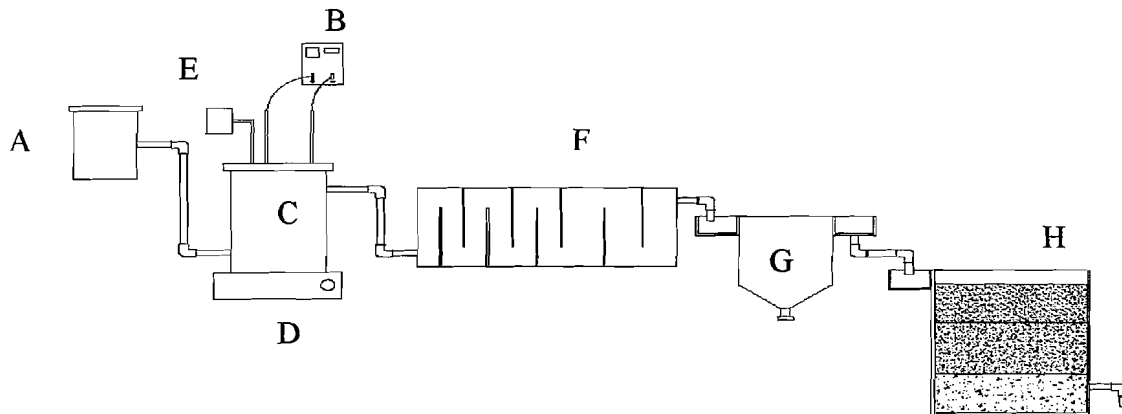
Dimensi bak terdiri dari panjang 40 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Bak ini terbuat dari fiber glass dengan tebal 0,3 cm.

4. Bak Filtrasi

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

5. Elektroda katoda dan anoda

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



Gambar 3.3 Rangkaian Desain Alat Elektrokoagulasi

Keterangan :

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

3.7.3 Tahapan cara kerja

1. Tahapan pengoperasian alat dimulai dengan pemeriksaan bahwa semua rangkaian telah tersusun dengan benar
2. Rangkaian alat diperiksa kembali sebelum memulai proses pengolahan
3. Memasukkan limbah kedalam bak penampung sebanyak 34 liter dari volume bak sebesar 40 liter.
4. menghubungkan arus listrik secara selang-seling antara kutub positif pada anoda dan kutub negatif pada katoda dari adaptor.
5. Hidupkan adaptor, diset pada tegangan 10 volt, dengan kuat arus 1 A.
6. Hidupkan *magnetic steerer barr*, di set dengan kecepatan 10 rpm.

7. Masukkan selang aerator ke dalam bak Elektrokoagulasi kemudian dihidupkan.
8. Bak elektrokoagulasi diisi limbah yang akan diolah dengan cara membuka kran out-let pada bak penampung dengan debit 240 ml/menit untuk detensi waktu 25 menit, 50 menit, 75 menit, 100 menit dan penambahan tawas 15000 ppm.
9. Setelah beberapa menit, limbah dialirkan ke bak *baffle channel flocculator*.
10. Selang beberapa menit kemudian, air limbah dialirkan menuju ke bak sedimentasi.
11. Mengambil sampel untuk pemeriksaan untuk 0 waktu dan 0 Ampere.
12. Effluen hasil pengolahan 1 Ampere pada bak sedimentasi tersebut ditampung dalam botol plastik sebanyak 250 ml setelah waktu kontak 25 menit, 50 menit, 75 menit, 100 menit pada tegangan 10 volt dengan kecepatan pengadukan sebesar 10 rpm pada dosis tawas 15000 ppm dan diberi label.
13. Untuk percobaan dengan dosis tawas 20000 ppm serta waktu kontaknya dilakukan dengan langkah yang sama seperti 15000 ppm.
14. Air sampel diperiksa kadar Cr

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 Cr, 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

S₁ = Kadar Cr sebelum *treatment*

S₂ = Kadar Cr sesudah *treatment*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. PRA STUDI

4.1.1. Desain Alat

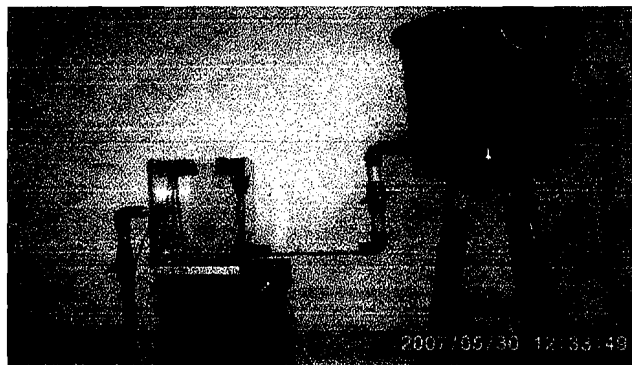
Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah bak Elektrokoagulasi, bak *baffle channel flocculator*, bak sedimentasi, dan bak Filtrasi.

a. Bak Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinue dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana salah satu elektrodanya terbuat dari aluminium. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi oksidasi, yang mengandung logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutup negatif sedangkan elektroda positif (Cu) akan teroksidasi menjadi $[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ yang berfungsi sebagai kogulan.

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

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.

b. Bak *Baffle Channel Flocculator*

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

Bak ini bertujuan menghasilkan gerakan air yang mendorong kontak antar partikel tanpa menyebabkan pecahnya gabungan partikel yang telah terbentuk ini bisa tercapai bila energi hidrolis yang diharapkan cukup kecil. Flokulator jenis ini umumnya dibuat secara seri seiring penurunan nilai G agar diperoleh pencampuran sempurna, yaitu partikel dapat saling berkontak, sehingga diperoleh hasil akhir yang memuaskan.

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

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

Dimana : W = lebar bak (m)

L = panjang bak flokulator (m)

G = konstanta gravitasi (9,81 m/det²)

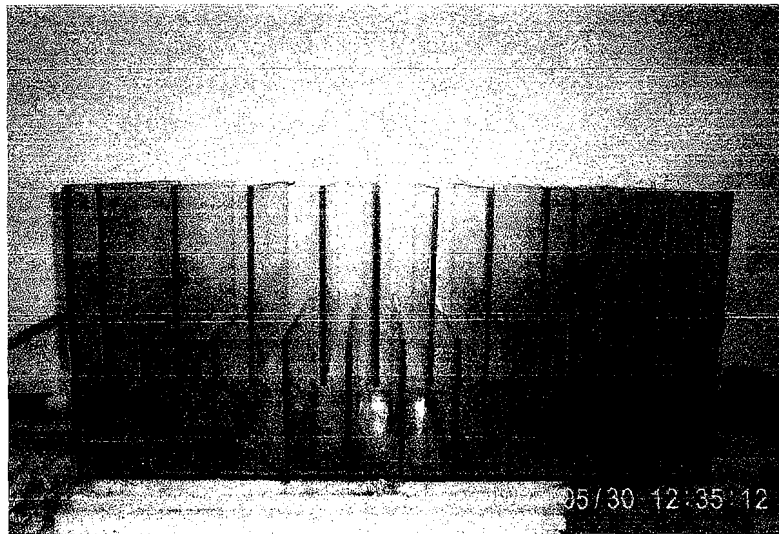
Q = debit aliran (m³/det)

μ = viskositas absolut (kg/m.det)

ρ = berat jenis air (kg/m³)

f = koefisien gesek sekat

t = waktu flokulasi (det)



Gambar 4.2 Bak *baffle channel flocculator*

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

c. Bak Sedimentasi

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

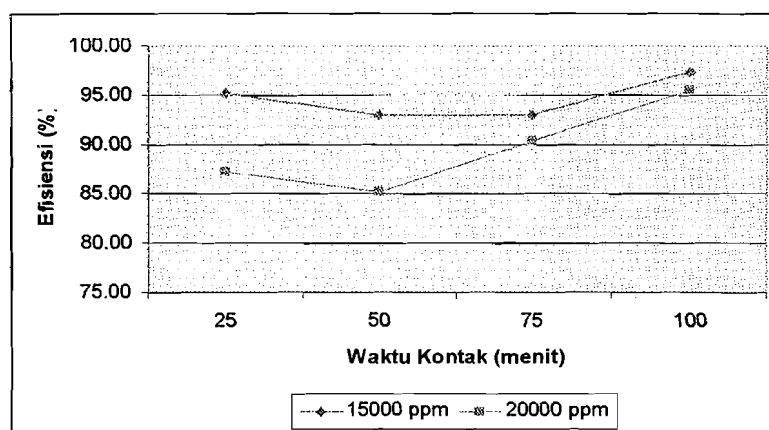
Konsep sedimentasi :

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

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

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.

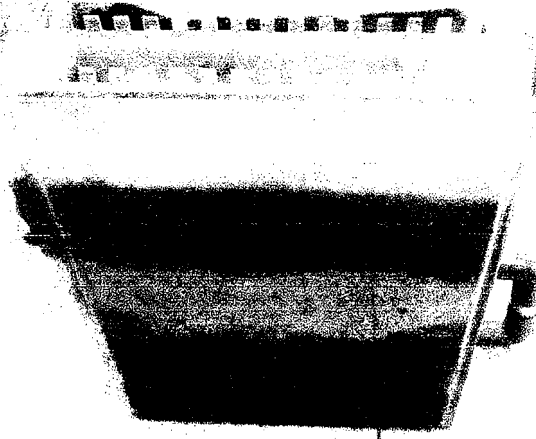


Gambar 4.5 Efisiensi krom total pada bak sedimentasi dengan dosis koagulan 15000 dan 20000 ppm terhadap waktu kontak

Pada gambar 4.5 efisiensi bak sedimentasi ini terhadap konsentrasi krom total yang paling optimum terjadi pada waktu kontak 100 menit sebesar 97, 4 % dengan dosis tawas 15000 ppm sedangkan pada dosis tawas 20000 ppm efisiensi bak sedimentasi paling optimum terjadi juga pada waktu kontak 100 menit sebesar 95,5 %.

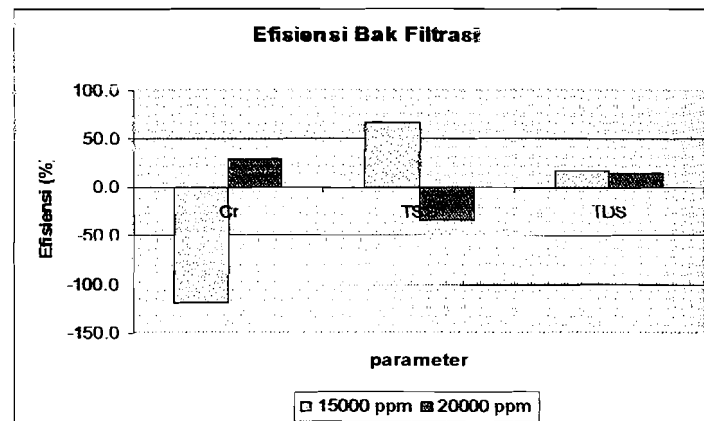
d. Bak Filtrasi

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



Gambar 4.6 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.

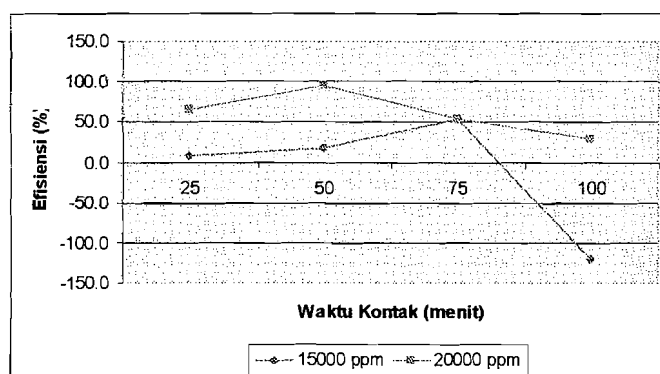


Gambar 4.7 Efisiensi bak filtrasi

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 67 %.

Pada dosis 20000 ppm efisiensi bak filtrasi ini menurun sebesar -33 %, hal ini diakibatkan karena flok-flok pada bak sedimentasi terikut kedalam bak filtrasi, sehingga menutup permukaan media di bak filtrasi ini.

Bila didasarkan pada kriteria desain, untuk parameter TSS sebesar 50-75% (Syed R Qasim, *Wastewater Treatment Plant* 2000), pada dosis 15000 ppm untuk parameter TSS sudah memenuhi kriteria desain



Gambar 4.8 Efisiensi krom total pada bak filtrasi dengan dosis koagulan 15000 dan 20000 ppm terhadap waktu kontak

Gambar 4.8 diatas memperlihatkan grafik efisiensi pada bak filtrasi terhadap konsentrasi krom total. Pada dosis tawas 15000 ppm, efisiensi bak filtrasi ini yang paling optimum adalah pada waktu kontak 75 menit sebesar 54,3 % dan pada waktu kontak 100 menit mengalami penurunan efisiensi drastis sebesar -119,7 %. Pada dosis tawas 20000 ppm, efisiensi bak filtrasi yang paling optimum adalah pada waktu kontak 50 menit sebesar 95,6 % dan pada waktu kontak 100 menit mengalami penurunan efisiensi sebesar 28,5 %. Dari penjelasan diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa, bak filtrasi ini tidak sepenuhnya berperan dalam menurunkan konsentrasi krom total.

Percobaan Awal

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

A. Jenis dan dosis koagulan

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

a. *Jar Test*

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



Gambar 4.9 Percobaan *jar test*

1. Tawas (Al_2SO_4)
 2. Ferro Sulfat (FeSO_4)
 3. Ferro Sulfat (FeSO_4) + Kapur Tohor (CaOH)
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

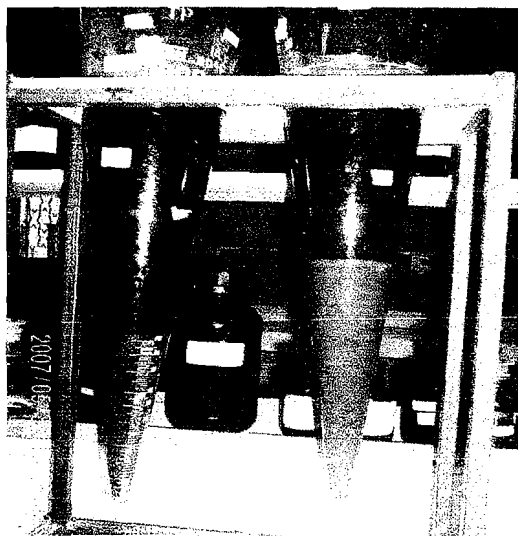
selama 4 menit. Setelah slow mix II selesai, mesin pengaduk dimatikan. Kemudian hasil percobaan tadi dimasukkan ke dalam tabung imhoff. Setelah itu waktu pengendapan, pH, serta suhu diukur. Waktu pengendapan = 30 menit; pH = 8; suhu = 27 °C.



Gambar 4.10 Percobaan *jar test* dengan menggunakan tawas

2. Ferro Sulfat (FeSO_4)

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



Gambar 4.11 Percobaan *jar test* dengan menggunakan Ferro sulfat

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

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



Gambar 4.12 Percobaan *jar test* dengan menggunakan variasi ferro sulfat dan kapur tohor

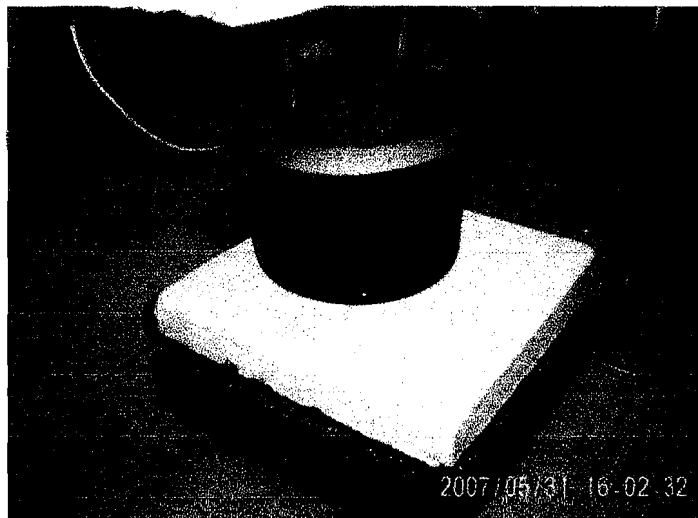
Kesimpulan dari *jar test* ini, pH awal limbah bersifat stabil, begitu juga suhu pada semua jenis koagulan yang dipakai, sedangkan yang mengalami perubahan adalah hanya pada waktu pengendapan. Waktu pengendapan yang paling cepat adalah jenis koagulan Ferro sulfat begitu juga dengan variasi penambahan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

Tabel 4.1 Tabel percobaan *jar test* dengan variasi koagulan

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

b. Elektrokoagulasi

Pada penelitian awal yang menggunakan *jar test* dihasilkan koagulan dan dosis yang bagus yaitu tawas dengan dosis 5 gr/500ml. Maka, untuk percobaan selanjutnya fokus penggunaan koagulan lebih ditekankan ke jenis koagulan tawas. Pada penelitian awal selanjutnya digunakan Elektrokoagulasi dengan tambahan aerator. Diharapkan dengan adanya aerator ini dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air dan membantu pengadukan air. Pada percobaan ini digunakan 5, 10, 15 gr/500ml tanpa aerator, dan 4, 6, 8 gr/500ml tawas dengan menggunakan aerator.



Gambar 4.13 Percobaan elektrokoagulasi

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

Ketiga percobaan ini dilakukan selama 20 menit, pada tegangan 40 volt. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengambil air 500ml kemudian dimasukkan 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 :

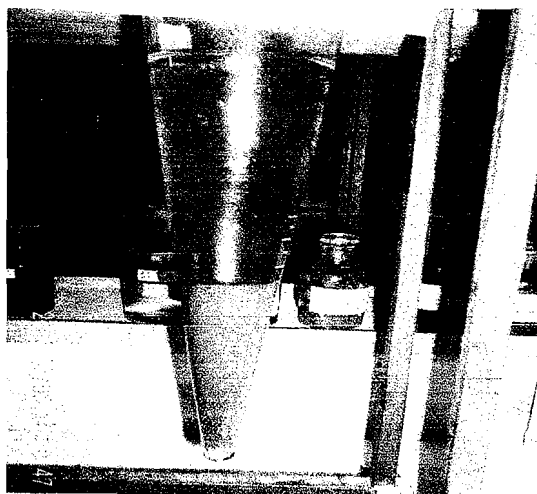
- a. Dosis tawas 5 gr/500ml
pH = 7; suhu 40°C, waktu pengendapan = 40 menit
- b. Dosis tawas 10 gr/500ml
pH = 7; suhu 40°C, waktu pengendapan = 35 menit
- c. Dosis tawas 15 gr/500ml
pH = 5; suhu 44°C, waktu pengendapan = 42 menit

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

- a. Dosis tawas 4 gr/500ml
pH = 8; suhu 50°C, waktu pengendapan = 30 menit
- b. Dosis tawas 6 gr/500ml
pH = 8; suhu 53°C, waktu pengendapan = 41 menit
- c. Dosis tawas 8 gr/500ml
pH = 8; suhu 64°C, waktu pengendapan = 45 menit





Gambar 4.14 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 4.2 Tabel percobaan elektrokoagulasi dengan variasi dosis tawas

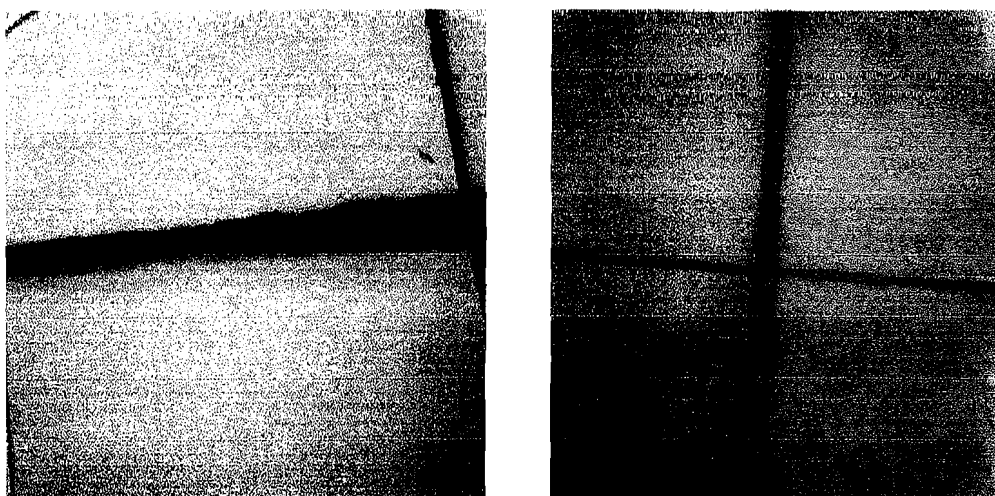
| Parameter | Elektrokoagulasi | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|-------------|-------------|------------------------------|-------------|----------|
| | Tanpa Aerator (gr/500ml) | | | Dengan Aerator (gr/500ml) | | |
| | 5 | 10 | 15 | 4 | 6 | 8 |
| pH | 7 | 7 | 5 | 8 | 8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

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

B. 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).

Pemilihan tembaga sebagai anoda didasarkan pada deret volta, tembaga atau Cu berada disebelah kanan H, sedangkan Al berada disebelah kiri H. Hal ini bisa dijelaskan, semakin ke kanan unsur dari H maka unsur tersebut semakin mudah mengalami reduksi dan sukar teroksidasi, sedangkan semakin ke kiri unsur dari H maka unsur tersebut semakin mudah mengalami oksidasi dan sukar tereduksi. Pada elektrokoagulasi, anoda akan cepat teroksidasi, untuk mengatasi hal tersebut maka alternatif yang digunakan adalah mencari unsur yang sukar teroksidasi berdasarkan deret volta. Cu adalah alternatifnya, karena berdasarkan deret volta Cu adalah unsur logam yang sulit teroksidasi.



Gambar 4.15 Batangan anoda dari tembaga dan katoda dari aluminium

C. 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.

4.1.3. Parameter Fisik

1. pH

pH mempengaruhi toksisitas senyawa kimia. pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Tokisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah.

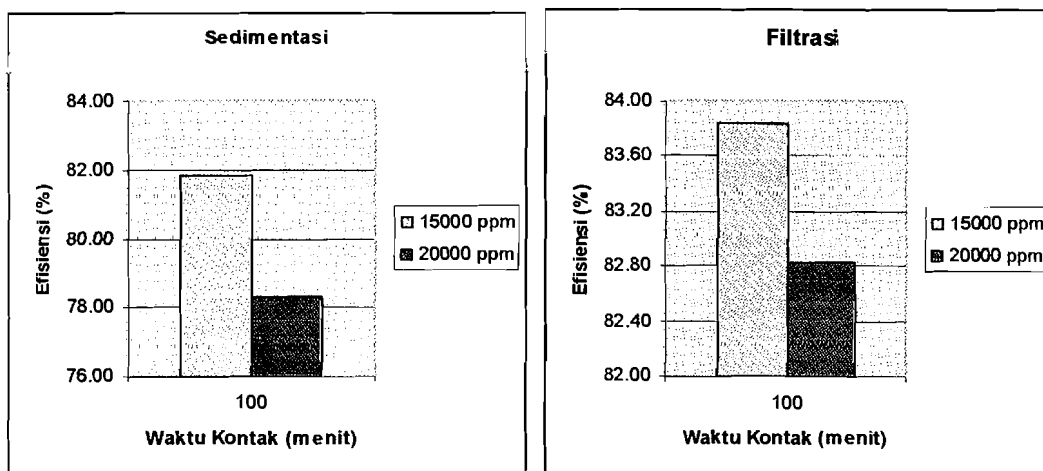
Pada tabel 4.3, pH mengalami penurunan dari 8 menjadi 7. pH ini sangat berpengaruh besar dengan parameter lain seperti logam berat, COD, BOD, nitrat,

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.

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* dalam Effendi, 2001). Nilai DHL biasanya lebih besar dari nilai TDS.



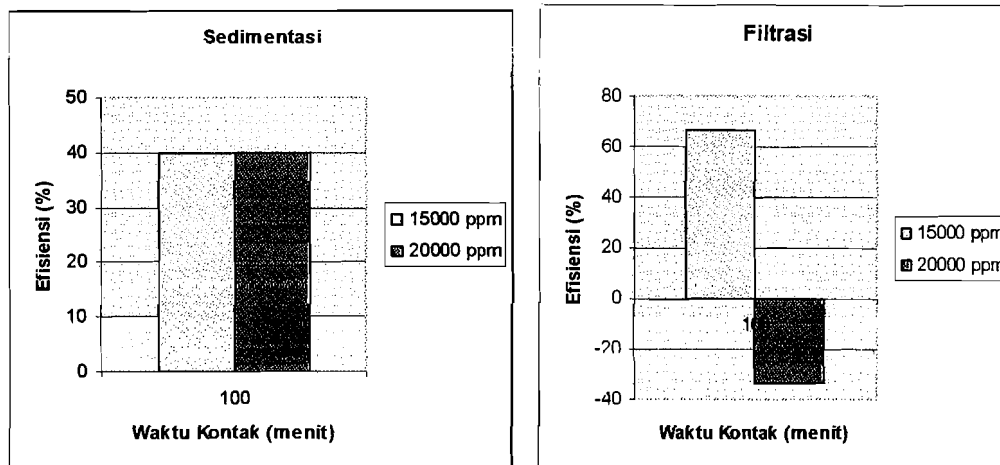
Gambar 4.16 Efisiensi DHL dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Berdasarkan gambar 4.16 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 oksidasi sebaliknya apabila batangan katoda dialiri listrik maka akan terjadi proses reduksi. Proses redoks ini akan sangat berpengaruh terhadap parameter- parameter lain seperti COD, BOD, Nitrat dan terutama logam berat.

3. TSS

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



Gambar 4.17 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 4.17. 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. 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.

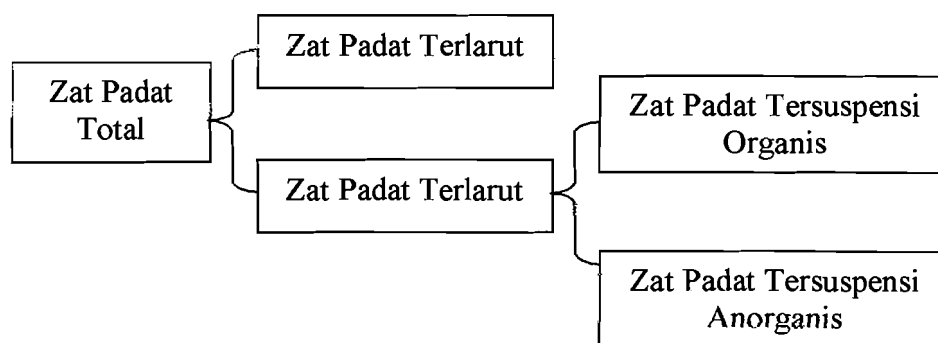
Analisa zat padat dalam air, sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan data dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai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



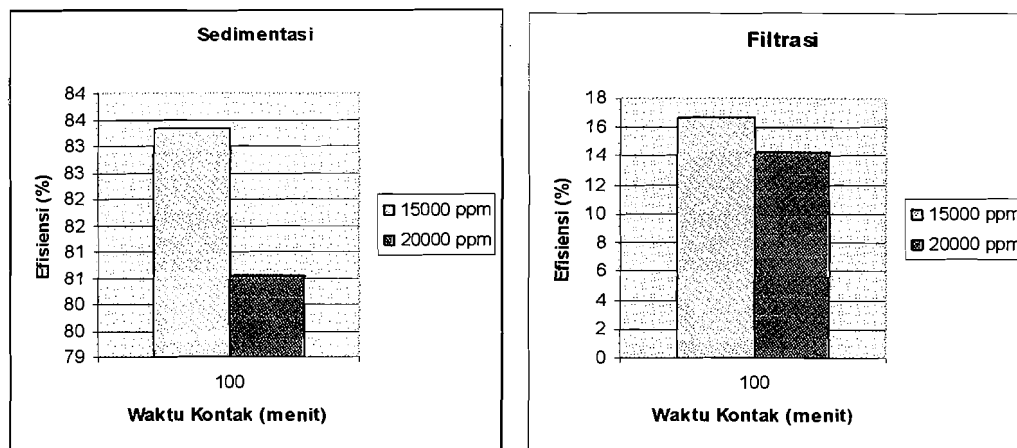
Gambar 4.18 Skema Zat Padat Total

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

Penentuan zat padat ini dapat melalui volumenya, yang disebut analisa volume lumpur (sludge volume), dan dapat melalui beratnya disebut analisa lumpur kasar atau umumnya disebut zat padat terendap (*settleable solids*). Dimensi dari zat-zat padat tersebut diatas adalah dalam mg/L atau g/L, namun

sering pula ditemui ” % berat ” yaitu kg zat padat / kg larutan, atau ” % volume ” yaitu dalam dm^3 zat padat /liter larutan.

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



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

Pada gambar 4.19 terlihat efisiensi TDS dengan dosis 15000 ppm pada bak sedimentasi dan filtrasi sangat tinggi, ini dipengaruhi oleh aliran yang laminar sehingga partikel-partikel yang tersuspensi itu tidak mengapung keatas, sedangkan pada dosis tawas 20000 ppm di bak sedimentasi dan filtrasi terlihat penurunan efisiensi TDS yang sangat drastis, ini dipengaruhi oleh aliran yang terbentuk pada saat itu adalah aliran turbulen. Banyak faktor yang mempengaruhi hal tersebut salah satunya adalah suhu.

5. Warna

Warna adalah senyawa yang dapat dipergunakan dalam bentuk larutan sehingga penampangnya berwarna. Warna air limbah dapat dibedakan menjadi dua, yaitu warna sejati dan warna semu. Warna yang disebabkan oleh warna organik yang mudah larut dan beberapa ion logam ini disebut warna sejati, jika air

tersebut mengandung kekeruhan atau adanya bahan tersuspensi dan juga oleh penyebab warna sejati maka warna tersebut dikatakan warna semu dan juga karena adanya bahan-bahan yang tersuspensi yang termasuk koloid.

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. Warna tertentu dapat menunjukkan adanya logam berat yang terkandung dalam air buangan.

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 mempengaruhi kecerahan dengan cara membatasi transmisi sinar matahari kedalamnya.

5.1 Penggolongan zat warna

Jenis zat warna ada dua, yaitu:

1. Zat Warna Alam

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

A. Zat warna yang berasal dari tumbuhan

Zat warna yang berasal dari tumbuhan antara lain : Alizarin, Indanthren dan Indigosol.

B. Zat warna yang berasal dari hewan

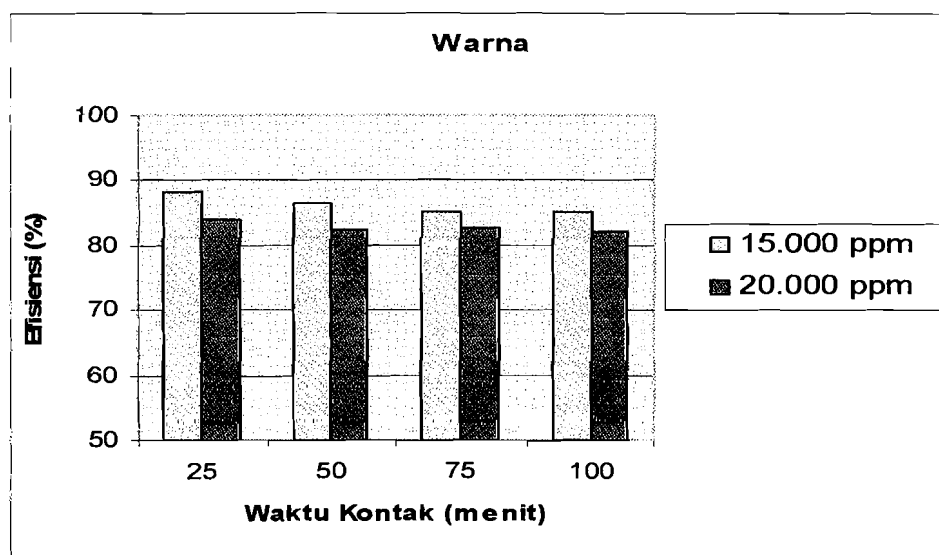
Jenis hewan yang biasa dijadikan zat warna misalnya: Kerang (Tyran Purple), Insekta (Cochikal) dan Insekta merah (Loe)

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. Intensitas warna cenderung meningkat dengan meningkatnya nilai pH.

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 4.20 Variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

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

Seperti yang telah ditunjukkan pada tabel 4.3 ternyata kadar warna yang telah mengalami pengolahan secara elektrokoagulasi dan dilanjutkan sedimentasi serta filtrasi, mengalami penurunan. Hasil pengolahan yang optimum didapatkan pada pengolahan filtrasi, yaitu dari 3799.55 PtCo menjadi 453.075 PtCo pada 25 menit filtrasi dengan dosis tawas 15.000 ppm dan 611.85 PtCo pada 25 menit

filtrasi dengan dosis tawas 20.000 ppm. Dari pengolahan tersebut dapat diamati secara visual karena terjadi perubahan warna dari yang berwarna coklat kehitam-hitaman menjadi berwarna kuning bening. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan koagulan tawas. Warna yang timbul pada perairan disebabkan oleh buangan industri di hulu sungai atau dapat juga berasal dari bahan hancuran sisi-sisi tumbuhan oleh bakteri. Industri-industri yang mengeluarkan warna adalah kertas dan pulp, tekstil, petrokimia dan kimia.

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

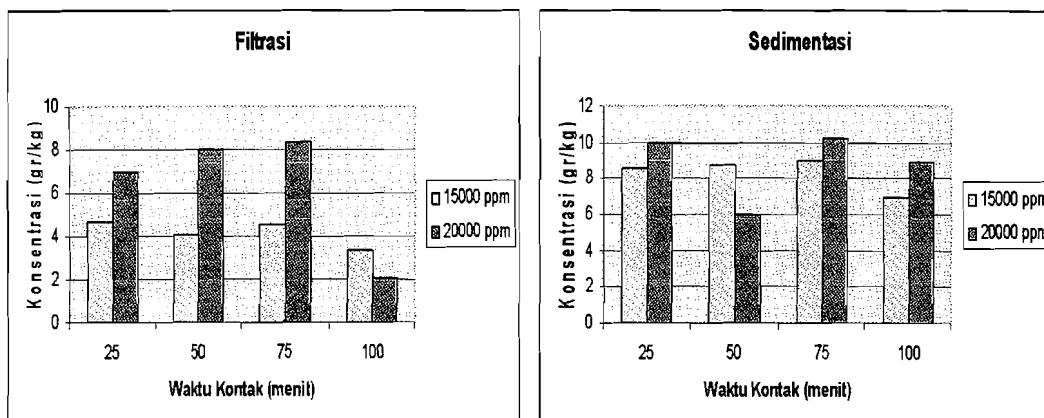
Warna perairan pada umumnya disebabkan oleh partikel koloid bermuatan negatif, sehingga penghilangan warna di perairan dapat dilakukan dengan penambahan koagulan yang bermuatan positif, misalnya aluminium dan besi.

6. Salinitas

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

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

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



Gambar 4.21 Variasi waktu kontak terhadap konsentrasi salinitas

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

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

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

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

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.

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 DOsegera sampel dengan kadar tawas sebesar 15.000 ppm di sedimentasi pada waktu 25 menit = 8.75 mg/l; pada waktu

50 menit = 6.44 mg/l; pada waktu 75 menit = 7.9 mg/l; pada waktu 100 menit = 6.44 mg/l. selanjutnya di Rapid sand filter didapatkan hasil pada waktu 25 menit = 7,43 mg/l ; pada waktu 50 menit = 7,18 mg/l ; pada waktu 75 menit = 6,19 mg/l; pada waktu 100 menit = 6,19 mg/l, dapat dilihat dari hasil diatas terlihat penurunan pada media sedimentasi ke Rapid sand filter.

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

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

Peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10%. 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-gaslain juga berkurang dan meningkatnya salinitas sehingga kadar oksigen di laut cenderung lebih rendah daripada kadar oksigen diperairan tawar.

Tabel 4.3 Parameter fisik

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

4.2 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.2.1. Konsentrasi Cr Total dalam lindi TPA Piyungan

Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengujian awal terhadap kandungan krom pada lindi TPA Piyungan yang berasal dari sampah-sampah dengan menggunakan bahan-bahan berbahaya. Konsentrasi awal logam Cr total dalam lindi TPA Piyungan dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Awal Konsentrasi Cr Total

| No. | Absorbansi | Konsentrasi Cr Total (mg/L) | Alat Uji | Metode Uji |
|-----|------------|--------------------------------|----------|---------------------|
| 1. | 0.0061 | 1.3319 | AAS | SNI 06-6989.17-2004 |

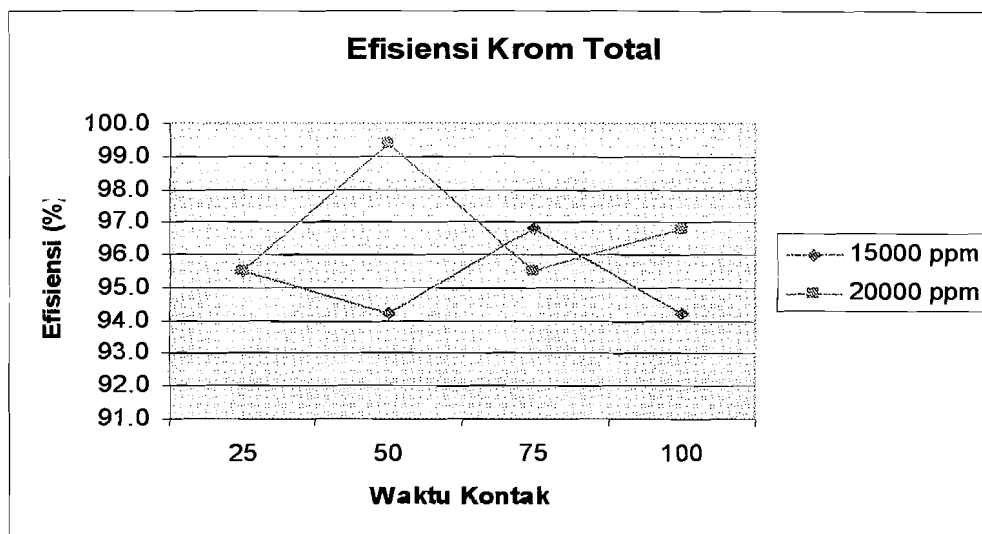
Sumber : Data Primer 2007

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air lindi TPA Piyungan untuk parameter Cr total belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air karena masih jauh di batas ambang sebesar 0.01 mg/L dari PP No. 82 tahun 2001.

4.2.2. Dosis koagulan tawas 15000 dan 20000 ppm

Pada penelitian ini digunakan aluminium sulfat (tawas) sebagai koagulan. Penggunaan tawas sebagai koagulan disini didasarkan pada penelitian awal, dengan melakukan berbagai percobaan disimpulkan bahwa tawas memiliki keunggulan di bandingkan berbagai koagulan lainnya. Antara lain didasarkan atas nilai ekonomisnya yang murah dibanding PAC, Ferro sulfat, dan kapur tohor. Selain itu, hasil dari penggunaan tawas dengan variasi dosis yang diberikan memberikan hasil lebih bagus dibandingkan koagulan yang lain berupa warna secara visual lebih jernih, walaupun waktu pengendapannya lebih lama dibandingkan koagulan lain. Dosis koagulan tawas disini bervariasi yaitu sebesar 15000 ppm dan 20000 ppm.

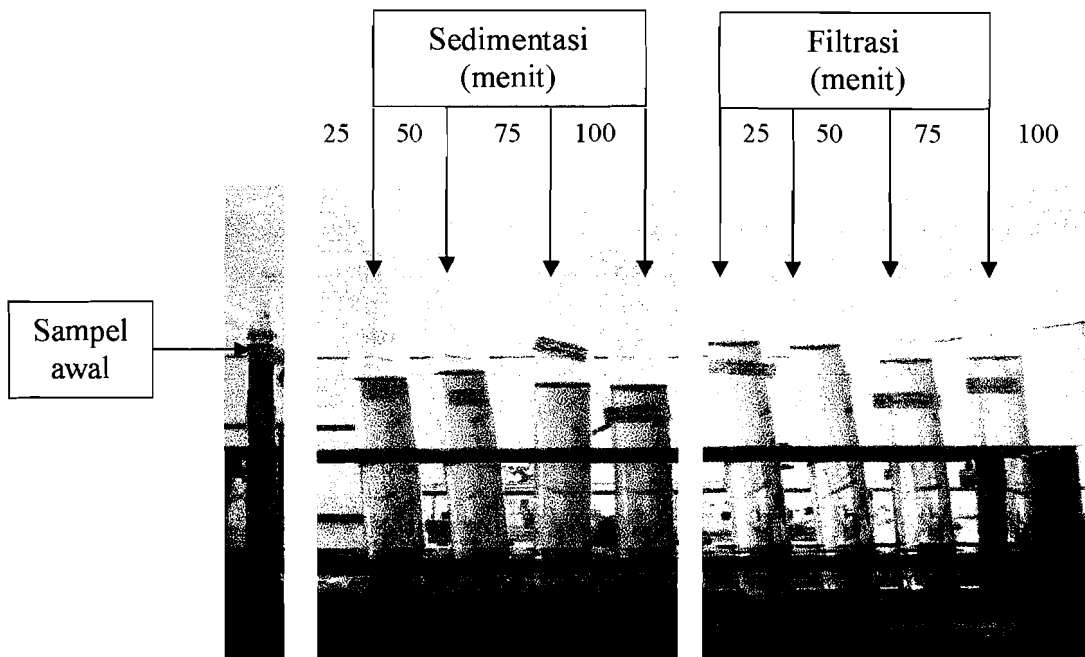
Berikut ini hasil efisiensi konsentrasi Cr total dosis tawas 15000 dan 20000 ppm terhadap waktu kontak.



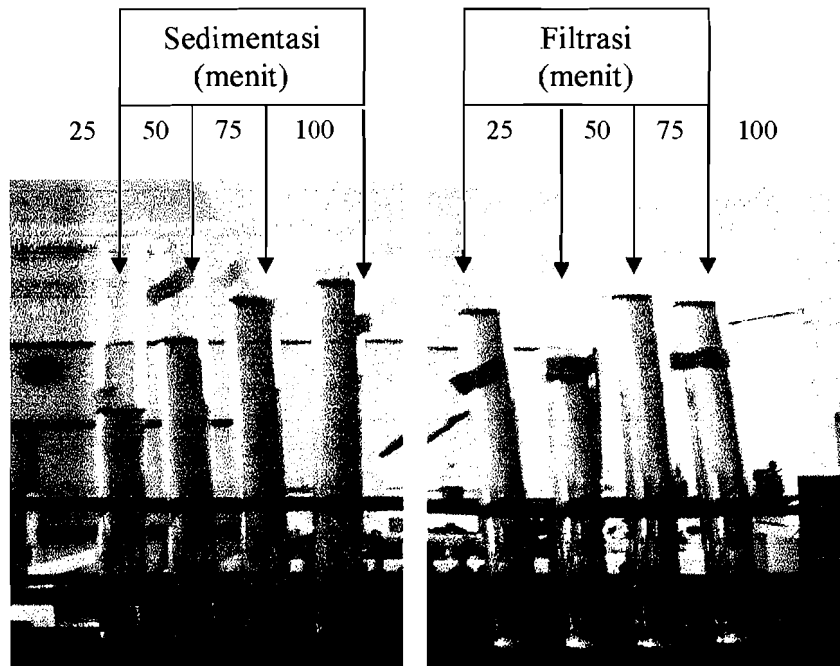
Gambar 4.22 Efisiensi krom total pada dosis tawas 15000 dan 20000 ppm

Dari gambar 4.22 dapat dilihat efisiensi penurunan konsentrasi krom total. Pada dosis tawas 15000 ppm, efisiensi paling tinggi terjadi pada waktu kontak 75 menit sebesar 96,8 %, sedangkan pada waktu kontak 50 dan 100 menit efisiensinya sama yaitu sebesar 94,2 %. Pada dosis tawas 20000 ppm, waktu kontak 25 menit efisiensinya adalah 95,5%, 50 menit efisiensinya adalah 99,4%, 75 menit efisiensinya 95,5%, dan 100 menit efisiensinya 96,8%. Efisiensi krom total pada bagian output paling tinggi terjadi pada dosis tawas 20000 ppm dengan waktu kontak 50 menit sebesar 99,4 % sedangkan efisiensi paling rendah terjadi pada dosis tawas 15000 ppm dengan waktu kontak 50 dan 100 menit sebesar 94,2 %.

a. Dosis tawas 15000 ppm



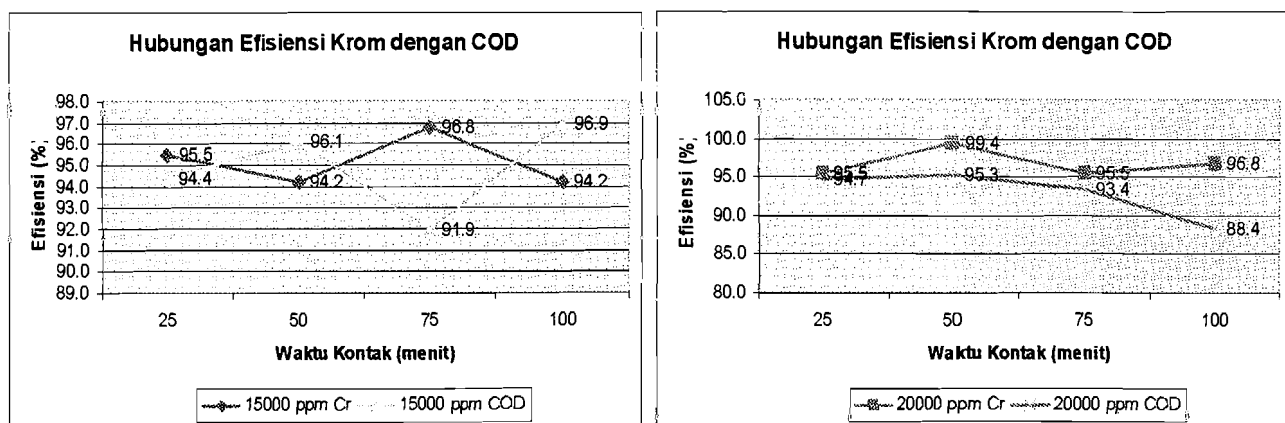
b. Dosis tawas 20000 ppm



Gambar 4.23 Lindi hasil proses elektrokoagulasi a). dosis tawas 15000 dan b). 20000 ppm

Penambahan tawas akan semakin meningkatkan reduksi COD dan BOD. Selain itu, ion tembaga dalam reaktor elektrokoagulasi juga berfungsi sebagai koagulan yang mampu menurunkan konsentrasi logam berat seperti Cr dan Pb. Hal ini disebabkan karena terjadinya proses oksidasi dan reduksi didalam reaktor elektrokoagulasi tersebut.

Penurunan konsentrasi krom total ada kaitannya dengan penurunan konsentrasi parameter lain semisal COD. Apabila kadar COD dalam limbah tinggi maka kadar logam berat yang pada limbah tersebut akan tinggi sehingga apabila dalam limbah kadar COD tinggi maka kadar logam berat juga tinggi. Sampel awal konsentrasi COD sebesar 8069,7 mg/l berpengaruh terhadap konsentrasi krom total yang tinggi pula sebesar 1,33 mg/l.



Gambar 4.24 Hubungan efisiensi krom dengan COD pada bagian outlet dengan dosis tawas 15000 dan 20000 ppm

Pada dosis tawas 20000 ppm efisiensi antara COD dengan krom ada hubungannya. Pada waktu kontak 50 menit efisiensi COD dan krom sama-sama mengalami peningkatan dan pada waktu kontak 75 menit efisiensi COD dan krom sama-sama mengalami penurunan. Ini menunjukkan adanya kaitan antara COD dan krom, artinya semakin besar efisiensi COD diikuti juga dengan efisiensi krom begitu juga sebaliknya. Turunnya konsentrasi COD disebabkan karena tingginya suplay oksigen dalam bak elektrokoagulasi. Oksigen ini dibutuhkan untuk mereduksi kandungan COD.

Efisiensi krom total yang berfluktuatif dipengaruhi oleh beberapa hal seperti yang akan dijelaskan di bawah ini.

A. Pengaruh koagulan terhadap penurunan konsentrasi Cr Total

Pada penelitian ini, fenomena yang terjadi adalah adanya dua koagulan. Koagulan pertama adalah koagulan tawas. Penambahan koagulan tawas ini dengan dosis 15000 dan 20000 ppm, sedangkan koagulan yang kedua adalah koagulan yang berasal dari batangan tembaga akibat reaksi oksidasi pada batangan.. Untuk lebih jelasnya, akan coba dijabarkan kedua-duanya.

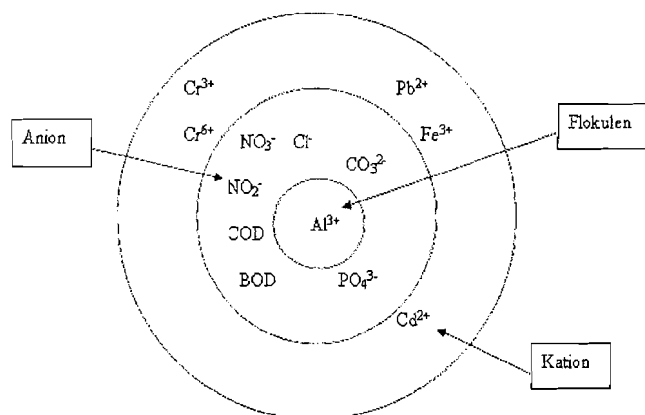
1. Koagulan tawas

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.

Ada tiga mekanisme dalam proses destabilisasi koloid yang dapat menjelaskan proses koagulasi, yaitu:

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

Kestabilan partikel koloid disebabkan oleh adanya lapisan bermuatan listrik pada permukaan partikel koloid, yang disebabkan oleh ionisasi atom, hidrasi molekul H_2O , pertukaran elemen atau adsorpsi dari air, ion-ion yang melekat kuat pada permukaan koloid akan menarik ion dengan muatan yang berlawanan dari media sekitarnya dan membentuk lapisan ion-ion.



Gambar 4.25 *Double layer compression*

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.

Pada gambar 4.25 dapat dilihat proses pembentukan flok. Seperti yang dijelaskan diatas, ion-ion yang melekat kuat pada permukaan koloid (Al^{3+}) adalah ion-ion yang bermuatan berlawanan dengan Al^{3+} yaitu bermuatan negatif seperti ion-ion Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , dan lain-lain. akan dari media sekitarnya dan membentuk lapisan ion-ion. Sedangkan ion-ion bermuatan positif, akan melekat karena ada tarikan dari ion-ion negatif. Cr^{3+} contohnya akan melekat pada ion-ion negatif. Begitu seterusnya sampai membentuk sebuah *double layer*.

b. Netralisasi muatan adsorpsi

1. Interaksi koagulan dengan koloid

Yang berperan disini adalah kemampuan interaksi yang dihasilkan kedua substansi 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, sebagian akan terserap pada permukaan koloid ruang bebas dan sebagian lagi bebas berada dalam larutan. Ketika partikel lain dengan kondisi yang sama mendekat dan terjadi tarik-menarik maka akan terbentuk ikatan yang kompleks antar koloid dengan polimer sebagai jembatan penghubung.

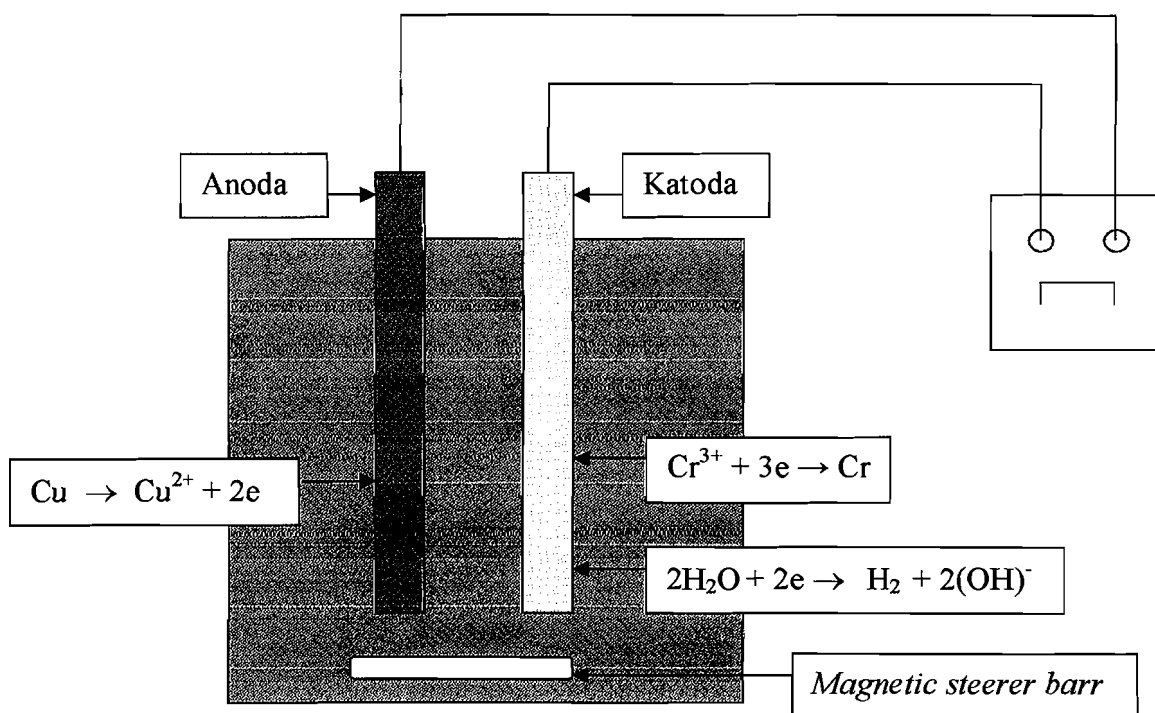
Aluminium sulfat atau tawas $Al_2(SO_4)_3$ merupakan salah satu jenis koagulan yang biasa digunakan dalam proses koagulasi. Pada umumnya partikel koloid penyebab kekeruhan bersifat *hydrophobic* yang bermuatan negatif. Agar terjadi penggabungan diperlukan destabilisasi yang hanya dapat dicapai dengan penambahan elektrolit yang bermuatan positif, sehingga diharapkan gaya tolak menolak antar partikel dapat diperkecil. Selanjutnya diperlukan suatu gaya yang dapat memperkecil jarak antar partikel yakni dengan mengadakan tumbukan

antar partikel. Oleh karena itu dalam proses elektro-koagulasi diperlukan turbulensi yang cukup tinggi untuk meratakan koagulan ke seluruh bagian zat cair dan memungkinkan terbentuknya inti-inti flok.

2. Koagulan tembaga

Proses elektrokoagulasi ini adalah suatu proses mengalirkan arus listrik searah melalui batangan tembaga dan aluminium yang dipasang secara paralel dalam suatu bak persegi empat. Anoda akan melepaskan ion Cu^{2+} untuk mendestabilisasi koloid dan katoda akan melepaskan gas hidrogen menyebabkan partikel yang terdestabilisasi dalam bentuk flok akan mengapung ke atas.

Proses elektrokoagulasi ini merupakan penggabungan proses elektrolisis dan proses koagulasi. Peristiwa elektrolisis ini bisa dilihat pada gambar 4.26.



Gambar 4.26 Proses reduksi-oksidasi pada peristiwa elektrokoagulasi

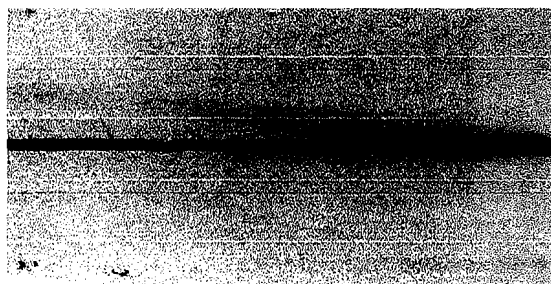
Apabila dalam suatu larutan elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka terjadilah peristiwa yang dinamakan peristiwa elektrolisis, yaitu gejala dekomposisi elektrolit.

Seperti pada gambar 4.26, dapat dilihat reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrolisis yaitu oksidasi-reduksi sebagai akibat adanya tegangan listrik. Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif bergerak menuju katoda, ion-ion ini dinamakan kation sedangkan ion-ion negatif bergerak ke anoda yang bermuatan positif yang kemudian ion-ion tersebut dinamakan anion.

Faraday mempelajari hubungan antara jumlah listrik yang digunakan pada elektrolisis dengan massa produk yang dihasilkan, hukum faraday pertama mengenai elektrolisis menyatakan bahwa jumlah perubahan kimia yang terjadi pada proses elektrolisis bergantung pada jumlah muatan listrik yang melalui sel elektrolisis tersebut. Hukum faraday kedua menyatakan bahwa dalam elektrolisis jumlah muatan listrik yang sama akan menghasilkan jumlah ekuivalen yang sama pula tanpa bergantung pada jenis zat yang terlibat dalam reaksi elektrolisis.

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

Pada saat elektrolisis, penggunaan batang metal seperti besi, aluminium, tembaga dan lain-lain, pada umumnya digunakan sebagai *sacrificial electrodes* untuk melanjutkan produksi ion dalam sistem. *sacrificial electrodes* ini terjadi pada batangan anoda yaitu batangan tembaga karena pada batangan tembaga terjadi reaksi oksidasi, sehingga elektron-elektron pada batangan tembaga tersebut terlepas dan menyebabkan korosi hal ini seperti yang terlihat pada gambar 4.27.



Gambar 4.27 Batangan tembaga mengalami korosi akibat proses oksidasi pada anoda

Sebelumnya elektroda dalam proses elektrolisis ini sangat penting, karena elektroda merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik kedalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi redoks.

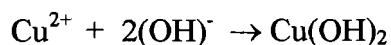
Pemilihan elektroda ini didasarkan pada deret volta atau deret potensial redoks, karena hal ini sangat mempengaruhi proses elektrokoagulasi. Logam Cu sebagai elektroda positif dipilih karena logam Cu berada disamping kanan unsur H, sehingga logam Cu sukar mengalami oksidasi, sedangkan logam Al bila dibandingkan dengan deret volta berada disebelah kiri, ini berarti logam Al lebih mudah mengalami oksidasi, sehingga memiliki kekurangan dibandingkan dengan logam Cu.

Proses elektrokoagulasi yang merupakan penggabungan proses elektrolisis dan koagulasi. Fenomena-fenomena yang terjadi pada proses elektrokoagulasi ini dapat dijabarkan dengan reaksi dibawah ini :

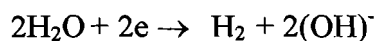
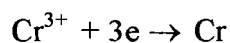
1. Pada permukaan elektroda positif (anoda)



2. Sekitar elektroda



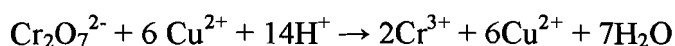
3. Pada permukaan elektroda negatif (katoda)



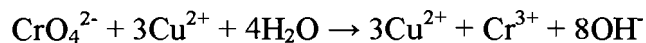
Pada permukaan elektroda positif ini, Cu akan melepaskan elektronnya menjadi Cu^{2+} sebagai akibat dari peristiwa oksidasi. Cu^{2+} akan mengikat OH^- membentuk $\text{Cu}(\text{OH})_2$. $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ini nantinya akan menjadi koagulan.

Limbah yang mengandung ion-ion Cr^{6+} ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) dapat direduksi dengan teknik elektrokoagulasi menggunakan tembaga sebagai *sacrificial anode*.

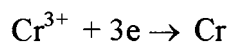
Ion tembaga Cu^{2+} ini secara alami dengan elektrokoagulasi akan teroksidasi dari anoda tembaga serta akan mereduksi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} dalam kondisi alkalin dan oksidasi tembaga itu dapat dilihat sebagai berikut :



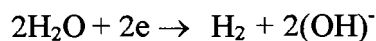
Ion Cr^{3+} akan terpresipitasi sebagai $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dengan menaikkan pH sebagai solusinya. ion-ion Cu^{2+} dapat mereduksi CrO_4^{2-} dibawah kondisi asam sesuai persamaan dibawah ini:



Sebagian ion-ion Cr^{3+} akan tereduksi pada batangan katoda seperti pada reaksi kimia berikut:



Pada batangan katoda, akan melepaskan gas hidrogen menyebabkan partikel yang terdestabilisasi dalam bentuk flok akan mengapung ke atas.



Dari rumus kimia diatas terlihat pembentukan gas, gas seperti oksigen dan hidrogen ini akan mempengaruhi pereduksian COD dan BOD serta TDS begitu juga logam berat. Gas hidrogen yang diakibatkan dari katoda akan membantu kontaminan mengapung atau terangkat, hal ini lah yang menyebabkan tereduksinya TDS termasuk flok $\text{Cu}(\text{OH})_2$ yang mengikat ion-ion Cr^{3+} serta menangkap sebagian logam Cr^{3+} yang tidak terdeposit pada batang katoda. Flok $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ini akan terendap di bak sedimentasi yaitu karena adanya pertumbuhan massa flok sehingga berat jenis flok menjadi besar dan akhirnya mengendap.

Berdasarkan penjelasan diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa efisiensi krom total yang berubah-ubah dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Kenaikan efisiensi krom total ini dipengaruhi oleh koagulan yang dihasilkan dari batangan anoda yaitu ion-ion Cu yang terlepas akan menjadi ion Cu^{2+} , apabila berikatan dengan ion OH^- akan membentuk $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Senyawa $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ini berfungsi sebagai koagulan.
2. Turunnya efisiensi krom total ini dipengaruhi oleh daftar E° (deret potensial logam atau deret volta). Dari daftar ini maka akan diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah berlangsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air) : K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, (H), Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

3. Pada deret volta diatas, Cu berada disebelah kanan dari unsur H, ini artinya Makin ke kanan letak suatu logam dalam deret volta, harga E° makin besar. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kanan mudah mengalami reduksi serta sukar mengalami oksidasi.
4. Bila didasarkan pada peristiwa yang terjadi pada batangan tembaga, semakin lama waktu kontak maka batangan tembaga semakin lama semakin teroksidasi. Pada gambar 4.22, terlihat grafik efisiensi krom total yang turun, ini disebabkan karena batangan tembaga yang lama-kelamaan akan terus teroksidasi menyebabkan batangan tembaga tersebut mengalami korosi.

Berdasarkan data di atas, konsentrasi outlet krom total bila didasarkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Baku Mutu Golongan IV bisa dikatakan krom total hasil proses ini masih jauh dari baku mutu yang dipersyaratkan yaitu sebesar 0.01 ppm.

B. Pengaruh kuat arus terhadap penurunan konsentrasi Cr total

Pada penelitian ini kuat arus sangat berpengaruh terhadap penurunan krom total ini. A.K. Golder dkk telah melakukan penelitian yang mana sebagai variabel penelitian adalah pengaruh kuat arus terhadap penurunan konsentrasi krom. 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 Cr^{3+} 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 krom dan tembaga hidroksida cenderung terpresipitasi sehingga meningkatkan pereduksian krom.

3. Dalam kaitannya dengan anoda, banyak *sludge* dari logam elektroda yang dihasilkan.
4. Banyak gelembung-gelembung udara yang dihasilkan, hal ini akan meningkatkan proses pengadukan dan pereduksian.

Berdasarkan deret volta, logam Cu cenderung akan sukar mengalami proses oksidasi, tetapi karena kuat arus yang dialirkan sebesar 10 ampere, ini akan mempercepat proses oksidasi logam Cu menjadi senyawa Cu^{2+} semakin lama waktu kontak sama artinya dengan semakin lama logam Cu teraliri listrik.

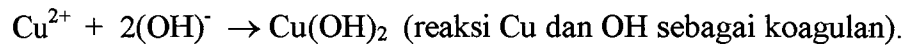
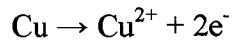
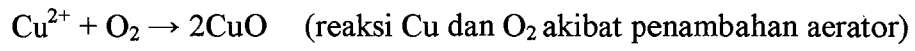
C. Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan konsentrasi Cr Total

Berdasarkan waktu kontak 25, 50, 75, dan 100 menit pada bak sedimentasi dan filtrasi dengan variasi dosis tawas sebesar 15000 dan 20000 ppm, terlihat kecenderungan bahwa makin lama waktu kontak maka makin terjadi fluktuasi efisiensi konsentrasi krom total. Hal ini bisa dijelaskan bahwa, makin lama waktu kontak, maka kecenderungan bahwa logam tembaga sebagai anoda akan lama-kelamaan habis karena terkorosi terus-menerus akibat proses oksidasi, ini berpengaruh terhadap efisiensi krom total. Semisal pada dosis tawas 20000 ppm dibagian outlet pada waktu kontak 50 menit efisiensi krom total sebesar 99,4 % tetapi pada waktu kontak selanjutnya yaitu pada waktu kontak 75 dan 100 menit berturut-turut terjadi penurunan efisiensi krom total sebesar 95,5 % dan 96,8 %. Ini diakibatkan kemampuan tembaga yang semakin lama waktu kontak semakin teroksidasi dan menjadi terkorosi.

D. Pengaruh aerasi terhadap penurunan konsentrasi Cr Total

Pada gambar 4.22 terlihat grafik efisiensi krom total yang berfluktuatif, hal ini bisa dijelaskan seperti berikut ini. Pada saat percobaan, dilakukan penambahan alat aerator, hal ini bisa bermanfaat juga bisa merugikan. Manfaat penambahan aerator ini adalah untuk meningkatkan kandungan oksigen kedalam air, yang tentunya akan mampu mereduksi kandungan COD, BOD, nitrat, nitrit, dan beberapa parameter lainnya didalam lindi. Aerator juga bisa merugikan, karena O_2

yang dihasilkan akan mengikat ion Cu membentuk 2CuO , hal ini akan mempengaruhi kinerja $\text{Cu}(\text{OH})_2$ sebagai salah satu koagulan sehingga senyawa $\text{Cu}(\text{OH})_2$ akan terganggu. Kedepannya perlu diperhatikan tenaga aerator yang diperlukan sehingga tidak sampai mempengaruhi kinerja $\text{Cu}(\text{OH})_2$.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

1. Waktu kontak paling optimum adalah 50 menit dan dengan dosis tawas 20000 ppm. Artinya semakin lama waktu kontak maka konsentrasi krom total semakin berfluktuatif dan semakin besar dosis tawas semakin besar tingkat penurunan konsentrasi krom total.
2. Efisiensi krom total pada bagian output paling tinggi terjadi pada dosis tawas 20000 ppm dengan waktu kontak 50 menit sebesar 99,4 % sedangkan efisiensi paling rendah terjadi pada dosis tawas 15000 ppm dengan waktu kontak 50 dan 100 menit sebesar 94,2 %.

5.2 Saran

Berdasarkan data-data sebelumnya, maka ditarik beberapa saran agar penelitian selanjutnya dapat lebih maksimal :

1. Pada penelitian ini, kondisi adaptor yang digunakan kurang bagus sehingga kuat arus tidak dapat diperhitungkan karena keterbatasan alat tersebut, kedepannya hal ini agar lebih diperhatikan lagi dengan memakai adaptor yang bagus kondisinya.
2. Pada penelitian ini, kecepatan *magnetic steer barr* sebesar 10 rpm, alangkah baiknya bila kedepannya untuk penelitian selanjutnya digunakan alat pengaduk yang kecepatannya lebih dari 10 rpm agar terbentuk flok-flok yang bagus.
3. Penambahan aerator pada penelitian ini perlu diperhatikan lagi, karena penambahan aerator ini mempunyai efek positif dan negatif.
4. Perlu diperhatikan tentang pemilihan batang anoda, karena begitu dialiri listrik maka logam di batangan anoda akan mengalami proses oksidasi yaitu proses pelepasan elektron. Hal ini akan menyebabkan korosi pada batangan anoda,

untuk itu kedepannya perlu dilakukan pemilihan batangan anoda yang sukar mengalami oksidasi dan mudah mengalami reduksi.

5. Elektrokoagulasi ini kedepannya bisa digunakan sebagai alternatif pengolahan limbah di Indonesia pada umumnya.
6. Sebagai langkah-langkah pelestarian lingkungan, alangkah baiknya bila lindi dari TPA Piyungan ini diolah secara maksimal, karena berdasarkan penelitian ditemukan adanya kandungan logam berat yang sangat berbahaya bagi lingkungan hidup manusia, hewan serta tumbuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association (APHA). 1976. Standard Methods For the Examination Of Water and Wastewater. 4th edition. APHA, Washington DC. 1193 p.
- Anonimus. 1997. Undang-undang Republik Indonesia No. 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Anonimus, 1990. "Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air". Jakarta
- Anonimus, 2001. "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air", Jakarta.
- Anonimus, 1990, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416 / MENKES / PER / IX / 1990 " Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonimus. 1995. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Keegiatan Industri. Jakarta
- Babu, R. Ramesh., et al. 2006. Treatment of tannery wastewater by electrocoagulation. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, 201-206.
- Beagles, Abe. 2004. Electrocoagulation (EC) - science and applications, Cal-Neva Water Quality Research Institute, Inc. in Newcastle, California.
- Bazrafshan, E., et al. 2006. Removal of cadmium from industrial effluents by electrocoagulation process using iron electrodes. Journal Environmental Health Science Engineering, Vol. 3, No. 4, pp. 261-266. Department of Environmental Health Engineering, Iran.
- Canadian Council of Resource and Environment Ministers. 1987. Canadian Water Quality. Canadian Council of Resource and Environment Ministers, Ontario, Canada.

- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. Kumpulan SNI Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Kualitas Air. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dimoglo, Anatoly., et al. 2004. removal Of Nickel, Cupper And Mercury From Aqueous Solutions By Electro-Coagulation Using Aluminium Electrodes. Environmental Engineering Department, Gebze Institute of Technology, 41400, Gebze, Turkey.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air, Penerbit kanisius, yogyakarta.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air Dan Udara, PAU Pangan Dan Gizi, I Bogor.
- Fair, Gordon M., Jhon C. Geyer, dan Danil A. Okum, 1968 "Waste and Wastewater Engenerring", Volume 2 Jhon willey and Sons Inc. New York.
- Golder, A.K., A.N. Samanta and S. Ray. 2006. Removal of Cr^{3+} by electrocoagulation with multiple electrodes: Bipolar and monopolar configurations, Department of Chemical Engineering, IIT Kharagpur, Kharagpur 721 302, India.
- Holt, Peter K., Geoffrey W. Barton, Cynthia A. Mitchell. 2006. The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology, Department of Chemical Engineering, University of Sydney, NSW 2006, Sydney, Australia.
- Johanes H, 1978, Listrik Dan Magnet, Balai Pustaka, Jakarta.
- Masduqi, Ali., dan Agus Slamet. 2002. Satuan Operasi Untuk Pengolahan Air. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS.
- Metcalf and Eddy. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse. Mc Graw Hill.
- Mitchell, Bruce., B. Setiawan., dan Dwita Hadi Rahmi. 2007. Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan. Gadjah Mada University Press.
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan toksikologi logam berat. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Qasim, Syed R., Edward M. Motley., Guang Zhui. 2000. Wastewater Treatment Plant : Prentice Hall, New Jersey.
- Riyadi. Slamet, 1984 " Pencemaran Air" Karya Anda, Surabaya. .

- Sugiharto. 1987. Dasar-dasar pengelolaan air limbah. UI Press.
- Sumirat, Juli. 2005. Toksikologi Lingkungan. Gadjah Mada University Press.
- Tjou Koli Nem, 1988, Chemistry for Environmental Engineering, Mc.Graw Hill Book Company, New york USA.
- Ugurlu, Mehmet. 2004. The Removal Of Some Inorganic Compounds From Paper Mill Effluents By The Electrocoagulation Method, Journal of Science 17(3):85-99 (2004). Faculty of Science and Education. Muğla University 48000, TURKEY.
- V.O. Abramov, and, V.M. Kuznetsov,. Ultrasonic intensification of electrochemical destruction of 1,3-dinitrobenzene and 2,4_dinitrotoluene with ozone and electrocoagulation of azo-dyes, Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry
- Wardhana, 1995, Dampak Pencemaran Lingkungan, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Xu, L. J., et al 2002. Recovery and Utilization of Useful By-Products from Egg Processing Wastewater by Electrocoagulation, Praxair, Inc., Burr Ridge, Illinois 60521 Departments of Poultry Science and Food Science, North Carolina State University, USA 2002 Poultry Science 81:785-792

LAMPIRAN

Tabel 1. Hasil pengujian konsentrasi Cr total pada 15000 ppm tawas terhadap waktu kontak

| Waktu kontak | Sampel | |
|------------------------------|--------------------|-----------------|
| | Sedimentasi (mg/L) | Filtrasi (mg/L) |
| 0 menit (sampel awal) | 1.3319 | |
| 25 menit | 0.0643 | 0.0599 |
| 50 menit | 0.0936 | 0.0771 |
| 75 menit | 0.0936 | 0.0428 |
| 100 menit | 0.0351 | 0.0771 |

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 2. Efisiensi penurunan konsentrasi Krom Total Pada 15000 ppm tawas terhadap waktu kontak

| Waktu kontak | Sampel | | | |
|------------------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| | Sedimentasi | | Filtrasi | |
| | Konsentrasi | Efisiensi | Konsentrasi | Efisiensi |
| | (mg/L) | (%) | (mg/L) | (%) |
| 25 menit | 0.0643 | 95.17 | 0.0599 | 95.50 |
| 50 menit | 0.0936 | 92.97 | 0.0771 | 94.21 |
| 75 menit | 0.0936 | 92.97 | 0.0428 | 96.79 |
| 100 menit | 0.0351 | 97.36 | 0.0771 | 94.21 |

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 3. Efisiensi bak sedimentasi dan filtrasi Pada 15000 ppm tawas terhadap waktu kontak

| Waktu kontak | Sampel | | | |
|--------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| | Sedimentasi | | Filtrasi | |
| | Konsentrasi (mg/L) | Efisiensi (%) | Konsentrasi (mg/L) | Efisiensi (%) |
| 25 menit | 0.0643 | 95.17 | 0.0599 | 6.8 |
| 50 menit | 0.0936 | 92.97 | 0.0771 | 17.6 |
| 75 menit | 0.0936 | 92.97 | 0.0428 | 54.3 |
| 100 menit | 0.0351 | 97.36 | 0.0771 | -119.7 |

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 4. Hasil pengujian konsentrasi Cr total pada 20000 ppm tawas terhadap waktu kontak

| Waktu kontak | Sampel | |
|-----------------------|--------------------|-----------------|
| | Sedimentasi (mg/L) | Filtrasi (mg/L) |
| 0 menit (sampel awal) | 1.3319 | |
| 25 menit | 0.1798 | 0.0599 |
| 50 menit | 0.1969 | 0.0086 |
| 75 menit | 0.1284 | 0.0599 |
| 100 menit | 0.0599 | 0.0428 |

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 5. Efisiensi penurunan konsentrasi Khrom Total pada 20000 ppm tawas terhadap waktu kontak

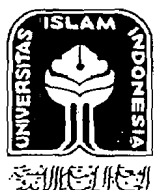
| Waktu kontak | Sampel | | | |
|--------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| | Sedimentasi | | Filtrasi | |
| | Konsentrasi (mg/L) | Efisiensi (%) | Konsentrasi (mg/L) | Efisiensi (%) |
| 25 menit | 0.1798 | 86.50 | 0.0599 | 95.50 |
| 50 menit | 0.1969 | 85.22 | 0.0086 | 99.35 |
| 75 menit | 0.1284 | 90.36 | 0.0599 | 95.50 |
| 100 menit | 0.0599 | 95.50 | 0.0428 | 96.79 |

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 6. Efisiensi bak sedimentasi dan filtrasi Pada 20000 ppm tawas terhadap waktu kontak

| Waktu kontak | Sampel | | | |
|--------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| | Sedimentasi | | Filtrasi | |
| | Konsentrasi (mg/L) | Efisiensi (%) | Konsentrasi (mg/L) | Efisiensi (%) |
| 25 menit | 0.1798 | 86.50 | 0.0599 | 65.0 |
| 50 menit | 0.1969 | 85.22 | 0.0086 | 95.6 |
| 75 menit | 0.1284 | 90.36 | 0.0599 | 53.3 |
| 100 menit | 0.0599 | 95.50 | 0.0428 | 28.5 |

Sumber : Data Primer 2007



LABORATORIUM INSTRUMENTASI TERPADU
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

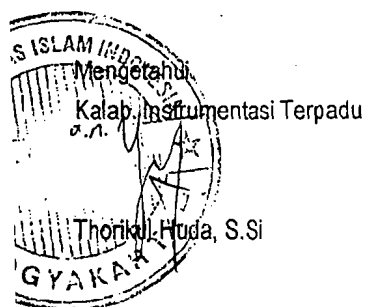
Kampus Universitas Islam Indonesia, Laboratorium Terpadu, Jl Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, 55584

Telp. 895920 Ekstensi 3044

Hasil Analisis Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Sampel : Lindi TPA
Kode Sampel : 23/C/L.T.-UII/07
Asal Sampel : Abdul Rahman
Tanggal diterima : 13 Juni 2007
Tanggal dianalisis : 13 Juni 2007
Parameter : Cr

| 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 | 21 | Cr | 0 | 0.0001 | | | 0.00018 | mg/L |
| 2 | std 1 | 22 | Cr | 1 | 0.0041 | 0.1247 | | 0.00042 | mg/L |
| 3 | std 2 | 23 | Cr | 2 | 0.0097 | 0.1247 | | 0.00033 | mg/L |
| 4 | std 3 | 24 | Cr | 3 | 0.0136 | 0.1247 | | 0.00018 | mg/L |
| 5 | std 4 | 25 | Cr | 4 | 0.0184 | 0.1247 | | 0.00034 | mg/L |
| 6 | std 5 | 26 | Cr | 5 | 0.0224 | 0.1247 | | 0.00026 | mg/L |
| 7 | Sampel A | 27 | Cr | | 0.0061 | | 1.3319 | 0.00015 | mg/L |
| 8 | Sampel B | 28 | Cr | | 0.0057 | | 1.2434 | 0.00018 | mg/L |



Jogjakarta, 13 Juni 2007

Analisis

Yusuf Habib, 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 : 25/C/L.T.-UII/07
Asal Sampel : Abdul Rahman
Tanggal diterima : 18 Juni 2007
Tanggal dianalisis : 19 Juni 2007
Parameter : Cr total

| 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 | 29 | Cr | 0 | 0.0001 | | | 0.00019 | mg/L |
| 2 | std 1 | 30 | Cr | 1 | 0.0036 | 0.1433 | | 0.00008 | mg/L |
| 3 | std 2 | 31 | Cr | 2 | 0.0072 | 0.1433 | | 0.00036 | mg/L |
| 4 | std 3 | 32 | Cr | 3 | 0.0104 | 0.1433 | | 0.00025 | mg/L |
| 5 | std 4 | 33 | Cr | 4 | 0.0138 | 0.1433 | | 0.00024 | mg/L |
| 6 | 25' Sdmn 15rb ppm | 34 | Cr | | 0.0004 | | 0.0643 | 0.00035 | mg/L |
| 7 | 50' Sdmn 15rb ppm | 35 | Cr | | 0.0005 | | 0.0936 | 0.00026 | mg/L |
| 8 | 75' Sdmn 15rb ppm | 36 | Cr | | 0.0005 | | 0.0936 | 0.00007 | mg/L |
| 9 | 100' Sdmn 15rb ppm | 37 | Cr | | 0.0003 | | 0.0351 | 0.00026 | mg/L |

Mengetahui
Kepala Laboratorium Instrumentasi Terpadu
Thorikul Huda, S.Si

Jogjakarta, 20 Juni 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 : 25/C/L.T.-UIII/07
Asal Sampel : Abdul Rahman
Tanggal diterima : 18 Juni 2007
Tanggal dianalisis : 27 Juni 2007
Parameter : Cr total

| No | Sample ID | Seq No. | El | Standar (mg/L) | Mean Sig (Absorbance) | Lirnit Detection from std (mg/L) | Mean Samp Conc | Std Dev | Samp Units |
|----|---------------------|---------|----|----------------|-----------------------|----------------------------------|----------------|---------|------------|
| 1 | Calib Blank | 8 | Cr | 0 | -0.0002 | | | 0.00027 | mg/L |
| 2 | std 1 | 9 | Cr | 1 | 0.0063 | 0.5908 | | 0.00067 | mg/L |
| 3 | std 2 | 10 | Cr | 2 | 0.0123 | 0.5908 | | 0.00017 | mg/L |
| 4 | std 3 | 11 | Cr | 3 | 0.0182 | 0.5908 | | 0.00025 | mg/L |
| 5 | std 4 | 12 | Cr | 4 | 0.0238 | 0.5908 | | 0.00024 | mg/L |
| 6 | std 5 | 13 | Cr | 5 | 0.0291 | 0.5908 | | 0.00023 | mg/L |
| 11 | 25' Fltrs 15rb ppm | 16 | Cr | | 0.0009 | | 0.0599 | 0.00026 | mg/L |
| 12 | 50' Fltrs 15rb ppm | 17 | Cr | | 0.0010 | | 0.0771 | 0.00057 | mg/L |
| 13 | 75' Fltrs 15rb ppm | 18 | Cr | | 0.0008 | | 0.0428 | 0.00049 | mg/L |
| 14 | 100' Fltrs 15rb ppm | 19 | Cr | | 0.0010 | | 0.0771 | 0.00033 | mg/L |



Mengetahui
Kepala Laboratorium Instrumentasi Terpadu
Thorikul Huda, S.Si

Jogjakarta, 27 Juni 2007

Analisis

Yusuf Habibi, S.Si



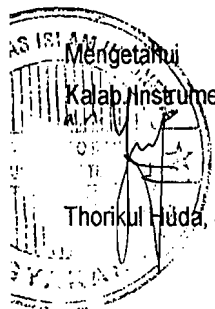
LABORATORIUM INSTRUMENTASI TERPADU
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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 : 25/C/L.T.-UIII/07
Asal Sampel : Abdul Rahman
Tanggal diterima : 18 Juni 2007
Tanggal dianalisis : 27 Juni 2007
Parameter : Cr total

| 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 | 8 | Cr | 0 | -0.0002 | | | 0.00027 | mg/L |
| 2 | std 1 | 9 | Cr | 1 | 0.0063 | 0.5908 | | 0.00067 | mg/L |
| 3 | std 2 | 10 | Cr | 2 | 0.0123 | 0.5908 | | 0.00017 | mg/L |
| 4 | std 3 | 11 | Cr | 3 | 0.0182 | 0.5908 | | 0.00025 | mg/L |
| 5 | std 4 | 12 | Cr | 4 | 0.0238 | 0.5908 | | 0.00024 | mg/L |
| 6 | std 5 | 13 | Cr | 5 | 0.0291 | 0.5908 | | 0.00023 | mg/L |
| 11 | 25' Sdmn 20rb ppm | 175 | Cr | | 0.0016 | | 0.1798 | 0.00008 | mg/L |
| 12 | 50' Sdmn 20rb ppm | 176 | Cr | | 0.0017 | | 0.1969 | 0.00013 | mg/L |
| 13 | 75' Sdmn 20rb ppm | 177 | Cr | | 0.0013 | | 0.1284 | 0.00016 | mg/L |
| 14 | 100' Sdmn 20rb ppm | 178 | Cr | | 0.0009 | | 0.0599 | 0.0001 | mg/L |
| 15 | 25' Filtrs 20rb ppm | 179 | Cr | | 0.0009 | | 0.0599 | 0.00008 | mg/L |
| 16 | 50' Filtrs 20rb ppm | 180 | Cr | | 0.0006 | | 0.0086 | 0.00006 | mg/L |
| 17 | 75' Filtrs 20rb ppm | 181 | Cr | | 0.0009 | | 0.0599 | 0.00014 | mg/L |
| 18 | 100' Filtrs 20rb ppm | 182 | Cr | | 0.0008 | | 0.0428 | 0.00021 | mg/L |



Mengetahui
Kepala Laboratorium Instrumentasi Terpadu
Thorikul Huda, S.Si

Jogyakarta, 27 Juni 2007

Analisis

Yusuf Habibi, S.Si

LAMPIRAN

PERATURAN PEMERINTAH
NOMOR 82 TAHUN 2001
TANGGAL 14 DESEMBER 2001

TENTANG

PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN
PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

| PARAMETER | SATUAN | KELAS | | | | KETERANGAN |
|------------------------|--------|--------------|--------------|--------------|-----------|---|
| | | I | II | III | IV | |
| FISIKA | | | | | | |
| Tempelatur | °C | deviasi 3 | deviasi 3 | deviasi 3 | deviasi 5 | Deviasi temperatur darl keadaan almiahnya |
| Residu Terlarut | mg/ L | 1000 | 1000 | 1000 | 2000 | |
| Residu Tersuspensi | mg/L | 50 | 50 | 400 | 400 | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/ L |
| KIMIA ANORGANIK | | | | | | |
| pH | | 6-9 | 6-9 | 6-9 | 5-9 | Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah |
| ROD | mg/L | 2 | 3 | 6 | 12 | |
| COD | mg/L | 10 | 25 | 50 | 100 | |
| DO | mg/L | 6 | 4 | 3 | 0 | Angka batas minimum |
| Total Fosfat sbg P | mg/L | 0,2 | 0,2 | 1 | 5 | |
| NO 3 sebagai N | mg/L | 10 | 10 | 20 | 20 | |
| NH3-N | mg/L | 0,5 | (-) | (-) | (-) | Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 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 | |
| Khrom (VI) | mg/L | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,01 | |
| Tembaga | mg/L | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,2 | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|---|
| Besi | mg/L | 0,3 | (-) | (-) | (-) | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L |
| Timbal | mg/L | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 1 | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb ≤ 0,1 mg/L |
| Mangan | mg/L | 0,1 | (-) | (-) | (-) | |
| 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 ≤ 5 mg/L |
| Klorida | mg/l | 600 | (-) | (-) | (-) | |
| 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 ₂ _N ≤ 1 mg/L |
| Sulfat | mg/L | 400 | (-) | (-) | (-) | |
| Klorin bebas | mg/L | 0,03 | 0,03 | 0,03 | (-) | Bagi ABAM tidak dipersyaratkan |
| Belereng sebagai H ₂ S | mg/L | 0,002 | 0,002 | 0,002 | (-) | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H ₂ S <0,1 mg/L |

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/100 ml |
| -Total coliform | jml/100 ml | 1000 | 5000 | 10000 | 10000 | |

-RADIOAKTIVITAS

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

KIMIA ORGANIK

| | | | | | |
|-----------------------------------|-------|------|------|------|-----|
| Minyak dan Lemak | ug /L | 1000 | 1000 | 1000 | (-) |
| Detergen sebagai MBAS | ug /L | 200 | 200 | 200 | (-) |
| Senyawa Fenol sebagai Fenol | ug /L | 1 | 1 | 1 | (-) |
| 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 | (-) | (-) | (-) |
| Lindane | ug /L | 56 | (-) | (-) | (-) |
| Methoxychlor | 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 \leq adalah lebih kecil atau sama dengan

Tanda $<$ adalah lebih kecil

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

ttd.

MEGAWATI SOEKARNO PUTRI

Hitung Bak Elektrokoagulasi

Diketahui :

Panjang = 20 cm = 0.2 m

Lebar = 20 cm = 0.2 m

Tinggi = 30 cm = 0.3 m

Td = 20 menit = 1200 detik

ELEKTROKAGULASI

| Panjang m | Lebar m | Tinggi m | Volume m ³ |
|--------------|------------|-------------|--------------------------|
| 0.2 | 0.2 | 0.15 | 0.006 |

| Panjang m | Lebar m | Luas m ² |
|--------------|------------|------------------------|
| 0.2 | 0.2 | 0.04 |

| Volume m ³ | Td detik | Debit m ³ /dtk | 0.005 |
|--------------------------|-------------|------------------------------|-------|
| 0.006 | 1200 | 0.000005 | |

| Debit m ³ /dtk | Luas m ² | Kec m/s |
|------------------------------|------------------------|------------|
| 0.000005 | 0.04 | 0.000125 |

Hitung Pembubuh Koagulan

- ❖ $Q = 5 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$
- ❖ Dosis tawas sebesar $20 \text{ gr/L} = 20000 \text{ mg/L}$
- ❖ Densitas Tawas = 1.05 mg/L
- ❖ Konsentrasi Larutan = 10%
- ❖ Tawas yang digunakan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ dengan kadar 60%
- ❖ Kebutuhan Tawas

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Tawas} &= \text{Dosis Chlor} \times Q \\ &= 20000 \text{ mg/L} \times 5 \times 10^{-3} \text{ L/s} \\ &= 100 \text{ mg/detik} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000000 \text{ mg}} \times 7200 \\ &= 0.72 \text{ kg} / 2 \text{ jam} \end{aligned}$$

- ❖ Kebutuhan Tawas jika kadar tawas 60%

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Tawas} &= \frac{0.72 \text{ kg} / 2 \text{ jam}}{0.6} \\ &= 1.2 \text{ kg} / 2 \text{ jam} \\ &= 1200 \text{ gr} / 2 \text{ jam} \\ &= 0.16 \text{ gr} / \text{detik} \end{aligned}$$

(Sumber : Vigneswaran and Saravanamuthu, "Water Treatment Processes : Simple Option", 1995 halaman 55 - 56)

Hitung Baffle Channel Reactor

Diketahui :

Panjang = 60 cm = 0.6 m

Lebar = 30 cm = 0.3 m

Tinggi = 20 cm = 0.2 m

Td = 30 menit = 1800 detik

Q = $5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

Pada suhu 25 °C, nilai $\mu = 0.0089 \text{ kg/m}\cdot\text{det}$, nilai $\nu = 0.8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det}$

Baffle Channel Flocculator

| Q | μ kg/ m.det | td | ν m ² /det | g | h | G | $2x\mu x T$ | ρ | | f |
|-------|-----------------------|------|------------------------------|-----|-----|----|-------------|--------|------|-----|
| 0.005 | 0.0089 | 1800 | 8.98E-07 | 9.8 | 0.2 | 35 | 32.04 | 1000 | 1.44 | 0.3 |

| Q | μ kg/ m.det | td | ν m ² /det | g | h | G | $2x\mu x T$ | ρ | | f |
|-------|-----------------------|------|------------------------------|-----|-----|----|-------------|--------|------|-----|
| 0.005 | 0.0089 | 1800 | 8.98E-07 | 9.8 | 0.2 | 14 | 32.04 | 1000 | 1.44 | 0.3 |

| Q | μ kg/ m.det | td | ν m ² /det | g | h | G | $2x\mu x T$ | ρ | | f |
|-------|-----------------------|------|------------------------------|-----|-----|----|-------------|--------|------|-----|
| 0.005 | 0.0089 | 1800 | 8.98E-07 | 9.8 | 0.2 | 10 | 32.04 | 1000 | 1.44 | 0.3 |

| $1000*(1.44+f)$ | $2x_{\mu x T}/1000*(1.44+0.3)$ | w | l | wxlxG | $((wxlxG)/Q)$ | $((wxlxG)/Q)^2$ | n | Jarak Sekat |
|-----------------|--------------------------------|-----|-----|-------|---------------|-----------------|----|-------------|
| 1740 | 0.018413793 | 0.3 | 0.2 | 3.15 | 630 | 396900 | 14 | 0.014 |

1.4

| $1000*(1.44+f)$ | $2x_{\mu x T}/1000*(1.44+0.3)$ | w | l | wxlxG | $((wxlxG)/Q)$ | $((wxlxG)/Q)^2$ | n | Jarak Sekat |
|-----------------|--------------------------------|-----|-----|-------|---------------|-----------------|---|-------------|
| 1740 | 0.018413793 | 0.3 | 0.2 | 1.26 | 252 | 63504 | 8 | 0.025 |

2.5

| $1000*(1.44+f)$ | $2x_{\mu x T}/1000*(1.44+0.3)$ | w | l | wxlxG | $((wxlxG)/Q)$ | $((wxlxG)/Q)^2$ | n | Jarak Sekat |
|-----------------|--------------------------------|-----|-----|-------|---------------|-----------------|---|-------------|
| 1740 | 0.018413793 | 0.3 | 0.2 | 0.9 | 180 | 32400 | 6 | 0.0333 |

3.33

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

| NO | NAMA | NO MHS | PRODI |
|----|--------------|----------|-------------------|
| 1 | Abdul Rahman | 03513055 | Teknik Lingkungan |
| 2 | | | |

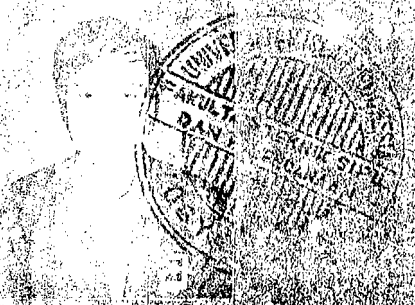
JUDUL TUGAS AKHIR : Penurunan kadar Krom (Cr) Total pada Limbah TPA Piyungan dengan Metode elektrokoagulasi

PERIODE : Genap
TAHUN AKADEMIK : 2006/2007

| No | kegiatan | Bulan Ke | | | | | |
|----|----------------------------|----------|-----|------|------|------|------|
| | | Apr | Mei | Juni | Juli | Agst | Sept |
| 1 | Pendaftaran | | | | | | |
| 2 | Penentuan Dosen pembimbing | | | | | | |
| 3 | Pembuatan Proposal | | | | | | |
| 4 | Seminar proposal | | | | | | |
| 5 | Konsultasi Penyusunan TA | | | | | | |
| 6 | Sidang - sidang | | | | | | |
| 7 | Pendadaran | | | | | | |

DOSEN PEMBIMBING I : Luqman Hakim, ST, Msi
DOSEN PEMBIMBING II : Tatang Sabur, Ssi, Msi
DOSEN PEMBIMBING III :

Yogyakarta, 10 Juli 2007
Koordinator TA



(Eko Siswono, ST)

Catatan

- Seminar
- Sidang
- Pendadaran