

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**“PENURUNAN KADAR MERKURI (Hg) DAN COD
PADA LIMBAH CAIR LABORATORIUM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA MENGGUNAKAN REAKTOR
ELEKTROLISIS DENGAN ELEKTRODA STAINLESS”**

Nama : Dian Asriyati
No. Mahasiswa : 02 513 118
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Luqman Hakim ST, Msi


Tanggal : 14/11/2006

Dosen Pembimbing II

Eko Siswoyo, ST.


Tanggal : 14-11-06

**“PENURUNAN KADAR MERKURI (Hg) DAN COD
PADA LIMBAH CAIR LABORATORIUM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA MENGGUNAKAN REAKTOR
ELEKTROLISIS DENGAN ELEKTRODA STAINLESS”**

Luqman Hakim¹⁾, Eko siswoyo²⁾, Dian Asriyati³⁾

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang penurunan Hg (merkuri) dan COD Pada limbah cair Laboratorium kualitas air Universitas Islam Indonesia secara elektrolisis, penelitian ditujukan untuk mengetahui persen penurunan Hg (merkuri) dan COD Pada limbah serta mengetahui arus dan variasi waktu *Elektrolisis*.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rangkaian Elektrolisis sumber arus, amperemeter, katoda, anoda dengan luas elektroda 1200 cm². Optimasi arus elektrolisis dilakukan dengan variasi arus, 10 amper, 15 amper, dan 20 ampere, hasil optimasi selanjutnya digunakan untuk penentuan angka Hg (merkuri) dan COD pada limbah dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120 menit.

Hasil penelitian menunjukkan kadar Hg awal limbah 43,4938 ppb kadar COD awal adalah 1366,693 mg/L. Efisiensi penurunan kadar Hg terbesar terjadi pada waktu kontak 120 menit dan arus 15 amper dan Efisiensi penurunan kadar COD terbesar terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan arus 20 amper. Variasi waktu arus dan waktu menunjukkan bahwa semakin lama waktu yang digunakan maka akan semakin besar penurunan kadar Merkuri dan COD. Penurunan kadar merkuri dan COD disebabkan oleh Elektrolisis dimana terjadi proses reduksi dan oksidasi.

Kata kunci: air limbah, elektrolisis, merkuri(Hg), COD, arus, waktu

¹ Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

² Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

³ Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

**DECREASING MERCURY (Hg) AND COD CONCENTRATION IN WATER
QUALITY LABORATORY WASTEWATER ISLAMIC UNIVERSITY OF
INDONESIA USING ELECTROLYSIS METHODE
(ELEKTRODA IS STAINLESS)**

Luqman Hakim⁴⁾, Eko siswoyo⁵⁾, Dian Asriyati⁶⁾

ABSTRACT

It has been done a research mercury and COD in wastewater by electrolysis, the research showed to knew percent reducing mercury and COD in waste, current and the time variation of electrolysis

This research was performed by using an electrolysis set (Contained of power supplay, volt meter, amperemeter, cathode (stainless) and anode (stainless)), with electrode area of 1200 cm². the optimalization of electrolysis current was performed with current variation 10 ampere, 15 ampere, 15 ampere, the determine the Mercury and GOD value in waste water by time variation of 30, 60, 90, 120 minutes

Result of research showed that the beginning value of Mercury wast was 43,4938 ppb and COD 1366,693 mg/L, decreasing mercury concentration with the highets efficiency is 29,24%, that is happened at 120 minute and current 15 ampere, and decreasing COD concentration with the highets efficiency is 19,39% that is happened at 30 minute and current 20 ampere. The time and current variations showed that the longer the time used the bigger the percent reduce of Mercury and COD. The decreasing caused by electrolysis where there are happen reduction and oxidation Process.

Keyword: waste water, electrolysis , mercury (Hg), COD, current, time

⁴ Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

⁵ Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

⁶ Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

MOTTO

↓ Katakanlah

Sesungguhnya Sholatku, Ibadahku, Hidupku, dan matiku hanya untuk Allah, Tuhan Semesta Alam. Tiada sekutu bagiNya, dan demikian itulah yang diperintahkan kepadaku dan aku adalah orang yang pertama-tama menyerahkan diri (Kepada Allah), (Al-An'am 162 & 163)

↓ Penggalan Potensi diri seperti menuruni sumur tanpa dasar, selamanya kita tak akan pernah tuntas untuk mengeksplorasi potensi diri (Anis matta)

↓ Tidak ada masalah yang terlalu besar untuk dihadapi, tidak ada langkah yang terlalu panjang untuk dijalani, dan tidak ada orang yang terlalu sulit untuk dihadapi ketika kita mampu menyikapi setiap peristiwa yang terjadi dengan hati yang jernih dan kepala dingin.



Special Thanks To :

- ✦ Teman-teman Enviro B'sodara (EB) Neva Bona "Ijox mania, yang satu itu nefa duluan aja deh, tp jgn kelamaan ya. Lia Bona Thanks bgt atas segalanya, ayo semangat selesain TA nya Dunk, (tia, tio, lala, rani, neli, uni, rintis, tutik, bani, KC, dll ku berikan kalian gelar BONA untuk selamanya he..he...)
- ✦ Saudara-saudara seperjuangan di KODISIA (korp Dakwah Universitas Islam Indonesia) Dan LDF Almustanir FTSP, I love you All, Syukron atas segala cinta dan motivasinya selama ini. I can't forget you all. Hidupkan dunia dengan Islam Allahu Akbar.....
- ✦ Nanang machie n najam dirumah, terimakasih atas cinta dan doanya, I love u All
- ✦ Saudaraku yani "son" thanks atas bantuannya selama ini. (Calon ibu DPC ni ye), Nurul MM (Irae tiwaukaim adek ke)
- ✦ Teman-teman di "Kos Mbah Marjo (MMC)" Nefa, ana, m. lili, m. Diah, m. ferina, yuni, novi. nobita, Eli, poppy, dita, wika, fitri, m. ayu, nurul, aida, m. oda. ita, novi KU, fajar, anggik, asti, n tika (kpn kita foto bareng mbah marjo)
- ✦ Teman-teman KKN samigaluh kulon Progo unit 132 (Jaraan). Karin, rini, QQ, dinda, M. mahmooood,angga, mulyanto. (kenagan yang terindah di jaran...bukit sinyall, afa dllll)
- ✦ Sahabat-sahabatku, Erlin di UAD (u are one of my inspirator), Rita di UNY (thanks dah nemanin ke UGM), Ratna n Rani di UNRAM (kpn makan bakso raji), yuli di UMM (kpn marriednya), Wiwik di UP (Ayo smagat friend), Evi (Wah dah jadi perawat nih), emir UPN (ayo bangun Dompu), Nia UNDIP (klo ku kesmrg anterin jalan2 ya)
- ✦ Saudara-saudara di kelompok Ngajiku m. angel, m. ika, m. euis, rani, nefa, yuni, atik, nuril, amal, anggun, m. ika MR, m. ratih MR, m. Erika MR, terimakasih atas cinta dan ilmu nya (ayo semangat ngaji)
- ✦ Keluarga Besar di Dompu, terimakasih atas doa dan dukungannya
- ✦ Semua komunitas yang ada dijogja yang telah membantu menunjang kelangsungan hidupku di jgj, terimakasih atas segalanya (Never Ending Jogja)

KATA PENGANTAR

Assalamualakum Wr. Wb

Alhamdulillahirabbil'alamin, atas rahmat dan petunjuk Allah. Penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PENURUNAN KADAR MERKURI (Hg) DAN COD PADA LIMBAH CAIR LABORATORIUM UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA MENGGUNAKAN REAKTOR ELEKTROLISIS DENGAN ELEKTRODA STAINLESS”**. Shalawat dan salam pada teladan terbaik, Rasulullah SAW dan keluarganya serta para sahabat. Dan semoga kita semua memperoleh syafaat beliau, Amin Allahummaamin.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang wajib ditempuh oleh mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. untuk memperoleh gelar sarjana.

Dengan segala kerendahan hati pada kesempatan ini, penyusun ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT tuhan semesta alam
2. Muhammad SAW, Rasul, keluarga dan sahabat-sahabatnya.
3. Bapak dan Ibu, adik-adikku, yang senantiasa memberikan doa dan memberikan perhatian penuh hingga selesainya Tugas Akhir ini.
4. Luqman Hakim.,ST,Msi, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan dan selaku dosen pembimbing pertama, yang telah sabar dan ikhlas untuk

meluangkan waktu dalam memberikan bimbingan dan pengarahan yang sangat berarti selama penyusunan Tugas Akhir.

5. Eko Siswoyo ST., selaku dosen pembimbing kedua dan selaku koordinator tugas akhir yang telah membimbing, mendukung dan meluangkan waktunya sehingga selesainya Tugas Akhir ini.
6. Kasam MT, Andik Yulianto ST, Hudori ST, Yureana, Ir. H Hananto HP., Msc dan Mas Agus, Serta dosen Teknik Lingkungan yang telah membekali pengetahuan, hikmah, dan do'a selama menempuh jenjang perkuliahan.
7. Mas Iwan Yulianto selaku Master of Laboratory, Thanks atas segenap arahan dan bantuannya selama di laboratorium.
8. Saudara Kerabat Enviro '02 Thanks Atas Kebersamaannya, Kekompakannya dan Selamat Berjuang.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penyusun harapkan Penyusun berharap kepada Allah SWT, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Jazakumullah Khairan Khatsiran

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Yogyakarta, November 2006

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Elektrolisis.....	7
2.2 COD.....	12
2.3 Merkuri	14
2.4 Potensial Elektroda Logam-logam Penting.....	20
2.5 Arus Listrik.....	22
2.6 Waktu Kontak.....	25
2.7 Landasan Teori.....	25
2.8 Hipotesis.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian.....	28
3.2 Objek Penelitian.....	28
3.3 Lokasi Penelitian.....	28
3.4 Variabel Penelitian.....	28
3.5 Tahap pelaksanaan percobaan	
3.5.1 Bahan Penelitian.....	29
3.5.2 Alat yang digunakan dalam penelitian.....	29
3.6 Langkah Penelitian	
3.6.1 Tahap Persiapan.....	30
3.6.2 Tahap Pelaksanaan Percobaan.....	30
3.6.3 Tahapan kerja.....	32
	35

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil penelitian

- 4.1.1. Hasil penelitian dan Efisiensi penurunan kadar Hg dan COD dengan variasi kuat arus dan waktu kontak.....
- 4.1.2. Analisis Statistik
 - 4.1.2.1 Uji Anova COD..... 43
 - 4.1.2.2 Uji Anova Hg..... 46

4.2. Pembahasan

- 4.2.1 Penurunan kadar Hg..... 48
- 4.2.2 Penurunan kadar COD..... 53

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

- 5.1. Kesimpulan..... 55
- 5.2. Saran..... 55

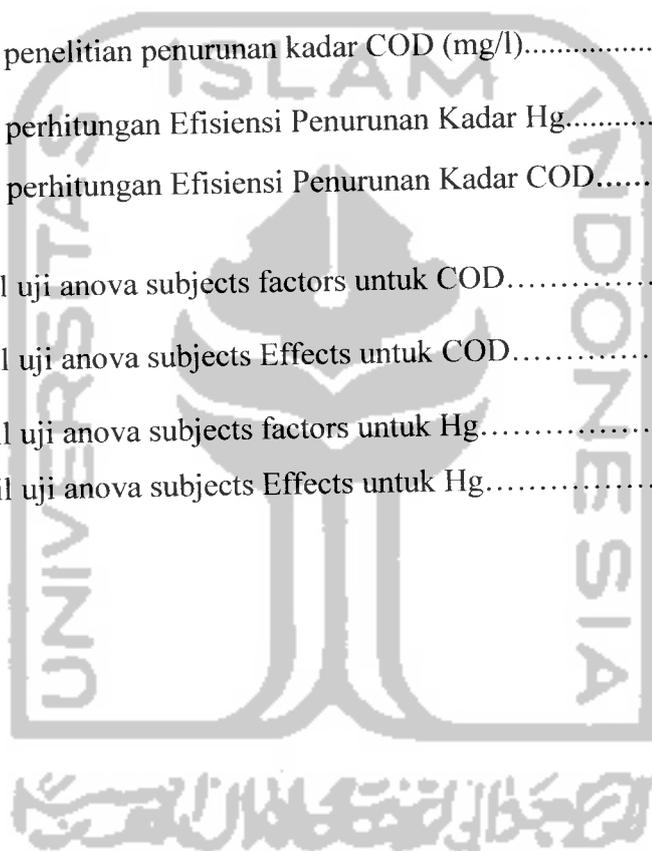
DAFTAR PUSTAKA..... 56

LAMPIRAN..... 57



DAFTAR TABEL

No	Keterangan	Halaman
Tabel 4.1.	Hasil penelitian penurunan kadar Hg (ppb).....	36
Tabel 4.2.	Hasil penelitian penurunan kadar COD (mg/l).....	36
Tabel 4.3	Hasil perhitungan Efisiensi Penurunan Kadar Hg.....	38
Tabel 4.4	Hasil perhitungan Efisiensi Penurunan Kadar COD.....	39
Tabel 4.5	Hasil uji anova subjects factors untuk COD.....	44
Tabel 4.6	Hasil uji anova subjects Effects untuk COD.....	45
Tabel 4.7	Hasil uji anova subjects factors untuk Hg.....	46
Tabel 4.8	Hasil uji anova subjects Effects untuk Hg.....	47



DAFTAR GAMBAR

No	Keterangan	Halaman
Gambar 2.1	Proses Elektrolisis.....	10
Gambar 3.1	Flowchart Tahap Penelitian.....	27
Gambar 3.2	Bak elektrolisis.....	31
Gambar 3.3	Plat Elektroda Stainless.....	31
Gambar 3.4	Reaktor Elektrolisis.....	34
Gambar 4.1	Grafik hubungan kadar Hg dengan variasi waktu kontak pada kuat arus.....	40
Gambar 4.2	Grafik hubungan kadar COD dengan variasi waktu kontak pada kuat arus.....	41
Gambar 4.3	Grafik hubungan Efisiensi penurunan kadar Hg dan waktu kontak pada kuat arus.....	41
Gambar 4.4	Grafik hubungan Efisiensi penurunan kadar COD dan waktu kontak pada kuat arus	42
Gambar 4.5	Bagan fenomena yang terjadi pada proses elektrolisis.....	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laboratorium adalah salah satu sarana penunjang kegiatan akademik yang digunakan untuk kegiatan praktikum dan menunjang teori yang telah diberikan pada saat perkuliahan. Untuk lebih meningkatkan kualitas mahasiswanya, Universitas Islam Indonesia mendirikan laboratorium yang digunakan oleh mahasiswa. Kegiatan praktikum yang dilakukan sebagian besar menggunakan bahan kimia yang sangat berbahaya bagi lingkungan apabila limbah yang dihasilkan tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang.

Selama ini Universitas Islam Indonesia sudah melakukan penanganan limbah, yaitu dengan menampung limbah laboratorium tersebut, oleh karena itu perlu adanya alternatif lain untuk pengelolaan dan pengolahan limbah, Universitas Islam Indonesia telah melakukan pengujian untuk mengetahui konsentrasi bahan-bahan kimia yang terkandung didalam limbah laboratorium, Pengujian tersebut dilakukan di Pusat Pelatihan dan Pengembangan Teknologi Maju – BATAN (P3TM-BATAN)Jogjakarta. Limbah laboratorium yang dihasilkan terdiri dari bahan-bahan organik maupun anorganik.. Bahan-bahan tersebut jika dibuang ke badan air maupun lingkungan disekitarnya akan menjadi

kontaminan yang dapat menurunkan kualitas air dan lingkungan disekitar tempat limbah laboratorium tersebut dibuang.

Berdasarkan data yang diperoleh dari P3TM-BATAN, konsentrasi untuk parameter COD $45,00 \pm 1,124$ mg/L dan untuk parameter Hg $27,170 \pm 0,336$ mg/L. Konsentrasi tersebut melebihi ambang batas menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air untuk parameter COD kelas II sebesar 25 mg/L, dan untuk parameter Hg kelas II sebesar 0,002 mg/L. Limbah Organik selama ini diatasi dengan cara yang manual seperti mengontakkan limbah di udara, sehingga terjadi proses oksidasi. Cara ini banyak dilakukan di IPAL (Instalasi pengolahan air limbah), cara aerasi tidak dapat mendegradasi limbah organik yang mengandung senyawa aromatic, selain itu limbah organik diuraikan dgn menggunakan oksidator supaya terjadi proses oksidasi, oksidator yang sering digunakan adalah ozon dan biofilm (Mobius dan Helble 2003), Kalium permanganat, Hidrogen peroksida dan glas klor, cara ini tidak juga tidak efisien karena jumlah oksidator yang banyak, cara lain seperti " An aerobic activated carbon filter " mempunyai kelemahan yaitu waktu yang relative lama (Suidan dkk 1999), woodbrige (1981) telah melakukan eksperimen dengan sinar gamma kelemahannya pada konsentrasi rendah tidak dapat terdegradasi sampai habis.

Cara pengolahan limbah organik yang terbaru yaitu dengan menggunakan kombinasi oksidasi (dgn oksidator udara) tekanan dan suhu yang tinggi sekitar

374 - 600 °C dan tekanan 22,1 – 3,0 Mpa , Cara ini dikenal dengan cara SCWB (Supercritical water oxidation) dan masih dipakai sampai tahun 1999, metode SCWO terlihat sangat tidak ekonomis karena memerlukan energi yang berlebihan yaitu oksidator, suhu tinggi dan tekanan (Patterson, 2001), Hardin (2001) juga melakukan penelitian mengatasi limbah organik dengan menggunakan mikroorganisme tetapi metode ini tidak dapat memuaskan untuk limbah yang mengandung senyawa-senyawa aromatic.

Melihat kelemahan pada metode penguraian limbah yang telah dilakukan penelitian sebelumnya diperlukan suatu usaha mencari cara supaya proses yang ini tidak efisien dapat diatasi, salah satunya adalah dengan metode elektrolisis. Elektrolisis dilakukan dengan menyiapkan rangkaian elektrolisis (sumber tenaga, volt meter, amper meter, pengaduk magnet, katoda, anoda), Peristiwa penguraian atau perubahan kimia senyawa tertentu terjadi jika dilewatkan muatan atau arus listrik melalui larutan elektrolit atau zat cair senyawa tersebut , kelebihan metode elektrolisis tersebut tidak memerlukan suhu tinggi, tekanan, dan oksidator serta katalis karena dengan cara elektrolisis (elektroda) dapat berfungsi sebagai tempat oksidasi dan sekaligus dapat berfungsi sebagai katalis.

Penelitian ini akan menguji metode untuk menurunkan COD dan Hg secara elektrolisis, pada penelitian ini akan dilakukan optimasi variabel yang mempengaruhi seperti voltase dan waktu, dengan dilakukannya optimasi variable maka akan diketahui hasil yang optimal yang akan digunakan untuk

analisis, Hasil elektrolisis dapat ditentukan dengan menggunakan parameter COD dan Hg sample yang akan diteliti adalah sampel limbah laboratorium Universitas Islam Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Menurut latar belakang masalah yang telah dikemukakan diatas maka, dapat ditarik rumusan masalah yaitu :

- a. Apakah metode elektrolisis dapat menurunkan COD dan Hg pada limbah?
- b. Berapakah Arus listrik dan waktu optimum pada metode penurunan COD dan Hg secara elektolisis?

1.3 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang ditentukan dan agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan keinginan sehingga tidak terjadi penyimpangan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Variasi waktu kontak 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, variasi arus 10 amper, 15 amper, 20 amper. Dengan anoda (stainless) dan katoda (stainless)
- b. Sumber air limbah yang digunakan adalah air limbah laboratorium kualitas air Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- c. Paramater yang diukur adalah COD dan Hg

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui persen penurunan COD dan Hg pada limbah dengan metode elektrolisis
- b. Mengetahui kondisi yang optimum metode penurunan COD dan Hg secara elektrolisis dari hasil optimasi Arus listrik dan variasi waktu.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Memberikan salah satu alternatif teknologi dalam menurunkan kadar COD dan Hg yang terlalu tinggi pada Air limbah
- b. Sebagai referensi kepada penelitian berikutnya agar mencoba berbagai variasi percobaan, sehingga nantinya akan mendapatkan data yang lebih lengkap tentang kemampuan teknologi *Elektrolisis* dalam menurunkan kadar COD dan Hg yang terlalu tinggi pada Air limbah

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrolisis

Apabila dalam suatu larutan elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka terjadi peristiwa elektrolisis yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana ion positif (kation) bergerak kekatoda dan menerima elektron yaitu yang direduksi dan ion negative (anion) bergerak keanoda dan menyerahkan electron yaitu dioksidasi (Johannes, 1978)

Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrolisis yaitu oksidasi-reduksi yaitu sebagai akibat adanya tegangan listrik. Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif bergerak menuju katoda sedangkan yang bermuatan negatif dan ion-ion ini disebut kation (bermuatan positif) sedangkan ion-ion negatif bergerak ke anoda yang bermuatan positif yang kemudian ion-ion tersebut dinamakan anion (bermuatan negatif) .

Elektroda dalam proses elektrolisis sangat penting , karena elektroda merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik kedalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Elektroda tempat terjadi reaksi reduksi disebut katoda sedangkan tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda

Proses elektrolisis adalah salah satu teknik untuk mereduksi ion-ion logam. Dengan cara ini, Elektroda yang dialiri tegangan listrik dapat

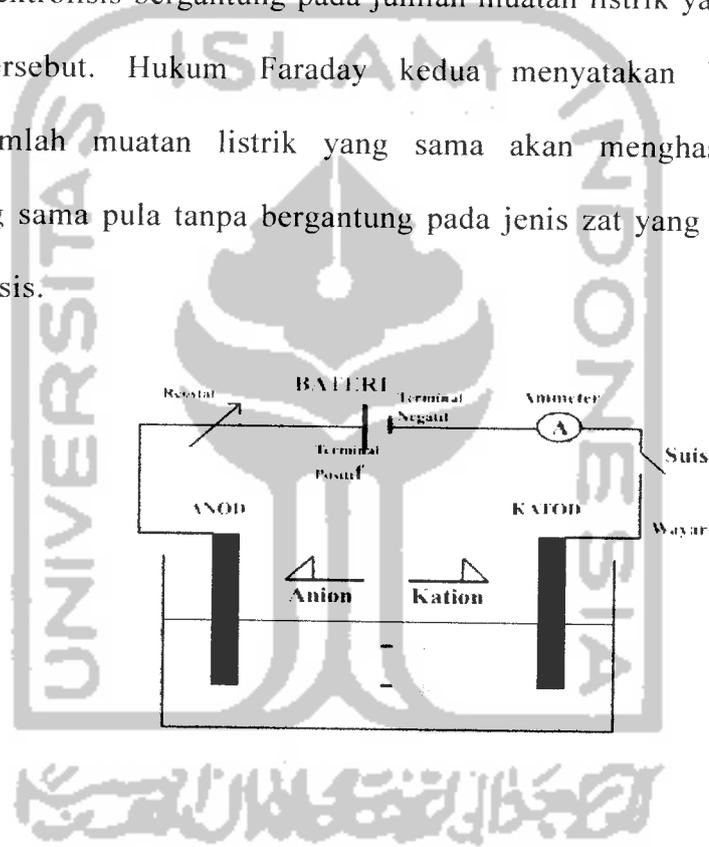
menangkap ion-ion logam berat yang bermuatan positif, sehingga dapat menurunkan kadar logam berat tersebut dalam air limbah. Dalam penggunaan elektrolisis merupakan teknik yang cukup murah, resiko cukup rendah dan cukup mudah penggunaannya.

Ada beberapa hal yang membuat reaksi elektrolisis menjadi rumit. pertama, diharapkan bahwa untuk mengatasi potensial reaksi reduksi yang negatif (yang menyebabkan reaksi sel nonspontan) diperlukan potensial dengan jumlah yang besar yang sama tapi tandanya berlawanan. Jadi, sebagai contoh, bila E°_{set} untuk suatu reaksi reduksi adalah $-x$ Volt, maka diharapkan sumber listrik bertegangan $+x$ volt (atau sedikit lebih besar) sudah cukup untuk membuat reaksi berlangsung, tetapi dalam kenyataannya hal diatas tidak selalu terjadi.

Sering kali potensial yang diperlukan untuk memulai reaksi jauh lebih besar dari pada yang diramalkan secara teoritis. Perbedaan antara potensial sebenarnya yang diperlukan untuk memulai reaksi elektrolisis dengan potensial teoritis, dikenal dengan nama over potensial. Over potensial terutama dijumpai bila reaksi pada hidrogen pada permukaan logam platina kurang lebih 0,5 volt. Hal yang kedua yang membuat reaksi elektrolisis menjadi rumit adalah sulit untuk menduga reaksi apa yang terjadi pada elektroda selama proses elektrolisis berlangsung. Reaksi yang terjadi pada proses elektrolisis tidak selalu merupakan kebalikan dari reaksi sel elektrokimia yang spontan . Sering kali reaksi suatu larutan dengan pelarut air , akan mengakibatkan molekul air atau ion lain yang terdapat dalam larutan teroksidasi atau tereduksi, Reaksi sebenarnya yang akan

terjadi pada proses elektrolisis akan bergantung pada nilai relatif potensial standar zat-zat yang terlibat dalam reaksi (Bird Tony)

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.



Gambar 2.1 Proses Elektrolisis

Selama elektrolisis terjadi transfer massa dan transfer muatan

- Transfer muatan

Transfer muatan adalah peristiwa perpindahan elektron dari elektroda kelarutan atau sebaliknya (Bard, 1980)

- Transfer massa

Apabila kecepatan transfer elektron jauh lebih cepat dari pada pergerakan ion-ionnya untuk sampai pada elektrodanya maka dipastikan bahwa kecepatan reaksi tergantung pada transfer massanya

Transfer massa atau perpindahan materi dapat dibedakan menjadi tiga golongan

- Perpindahan secara migrasi

Materi bermuatan yang dipindahkan ditimbulkan oleh adanya gaya tarik menarik elektrostatis antara anion dan kation, dengan demikian kation akan menuju katoda, sebaliknya anion akan menuju anoda

- Perpindahan secara konveksi

Pemberian panas dan pengadukan dapat memindahkan materi bermuatan dari satu tempat ketempat lain

- Perpindahan secara difusi

Perpindahan materi bermuatan didasarkan adanya perbedaan gradien, dari yang lebih rapat (pekat) ke daerah yang lebih renggang (encer) atau ion dari larutan keelektroda karena adanya gradien konsentrasi (Bard, 1980)

2.2 COD (chemical Oxygen Demand)

Beberapa bahan organik tertentu yang terdapat pada air limbah "kebal" terhadap degradasi biologis dan ada beberapa diantaranya yang beracun meskipun pada konsentrasi yang rendah. Bahan yang tidak dapat didegradasi secara biologis tersebut akan didegradasi secara kimiawi melalui proses oksidasi, jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi tersebut dikenal dengan COD

(chemical Oxygen Demand) (Cheremisinoff and Ellerbusch, 1978)

COD merupakan salah satu parameter indikator pencemar didalam air yang disebabkan oleh limbah organik, keberadaan COD didalam lingkungan sangat ditentukan oleh limbah organik, baik yang berasal dari limbah rumah tangga maupun industri. Secara umum, konsentrasi COD yang tinggi dalam air menunjukkan adanya bahan pencemar organik dalam jumlah banyak .

Kadar COD dalam air limbah berkurang seiring dengan berkurangnya konsentrasi bahan organik yang terdapat dalam air limbah, konsentrasi bahan organik yang rendah tidak selalu dapat direduksi dengan metode pengolahan yang konvensional.

Perairan dengan nilai COD yang tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian, nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/L, sedangkan pada perairan tercemar dapat lebih dari 200 mg/L dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/L.

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Alaerts dan Sumestri, 1984) oleh karena itu konsentrasi COD dalam air harus memenuhi ambang batas yang ditentukan.

2.3 Merkuri (Hg)

Merkuri merupakan elemen alami yang sering mencemari lingkungan, kebanyakan merkuri yang terdapat di alam terdapat dalam bentuk senyawa dengan elemen lain yang jarang dijumpai dalam bentuk elemen terpisah. Komponen merkuri banyak tersebar dikarang-karang, tanah, udara, air dan organisme hidup lain melalui proses fisika, kimia dan biologi yang kompleks.

Sifat-sifat kimia fisika membuat logam tersebut banyak digunakan untuk keperluan kimia dan industri. Beberapa sifat tersebut adalah:

1. Merkuri merupakan satu-satunya logam yang berbentuk cair pada suhu kamar (25°C) dan mempunyai titik beku terendah dibandingkan logam lain, yaitu -39°C
1. Kisaran suhu dimana merkuri terdapat dalam bentuk cair sangat lebar, yaitu 396°C , dan pada kisaran suhu ini merkuri mengembang secara merata
2. Merkuri mempunyai volatilitas yang tinggi dari semua logam
3. Ketahanan listrik merkuri sangat rendah sehingga merupakan konduktor yang terbaik dari semua logam

4. Banyak logam yang dapat larut di dalam merkuri membentuk komponen yang disebut dengan amalgam
5. Merkuri dan komponen-komponennya bersifat racun terhadap semua makhluk hidup.
6. Merkuri dan komponen-komponennya bersifat racun terhadap semua makhluk hidup

Merkuri (Hg) merupakan salah satu jenis logam berat berbahaya dan beracun yang sangat membahayakan bagi kehidupan baik itu manusia maupun makhluk hidup lainnya. Karena efek negatif yang ditimbulkan sebagai akibat terkontaminasi merkuri bisa menyebabkan kematian.

Adapun bentuk merkuri yang sangat berbahaya jika masuk ketubuh manusia yaitu (Achmad,1992)

1. Logam merkuri

Uap merkuri sangat berbahaya karena sangat beracun. Meskipun tekanan uap merkuri kecil dengan cepat uap merkuri meninggalkan permukaan merkuri yang terbuka, Uap merkuri yang terhirup segera masuk kedalam darah, jika sampai ke otak akan merusak jaringan otak.

2. Senyawa merkuri anorganik

Hanya senyawa merkuri yang terlarut yang menyebabkan keracunan, merkuri anorganik cenderung berakumulasi dihati dan ginjal. Dalam jumlah yang sedikit mungkin tidak berbahaya karena dapat keluar bersama urine, namun dalam jumlah yang banyak akan sangat berbahaya.

3. Senyawa Merkuri Organik

Ada dua macam senyawa kimia organik yaitu dialkil seperti dimetil merkuri, $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$, dan monoalkil seperti $(\text{CH}_3)\text{HgX}$, dengan X adalah halogen dan gugus nitrat, Senyawa ini dapat menumpuk di jaringan otak sehingga merusak otak.

Logam merkuri atau air raksa mempunyai nama kimia *hydragyrum*. Pada sistem periodik unsur-unsur kimia menempati (NA) 80 dan mempunyai bobot atom (BA 200,59) (Palar,1994)

Disamping itu merkuri merupakan logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan, diantara semua unsur logam , merkuri (Hg) menduduki urutan pertama dalam hal sifat racunnya dibandingkan logam berat lainnya, kemudian diikuti oleh logam lain seperti timbal (Pb), Arsenik (As), Kadmium (Cd), Kromium (Cr) dan nikel (Ni)

Pemakaian merkuri (Hg) telah berkembang sangat luas, karena merkuri digunakan dalam bermacam-macam perindustrian dan untuk keperluan-keperluan lainnya, Demikian luasnya pemakaian merkuri juga tidak dilakukan pengolahan tentu saja akan terjadi perusakan lingkungan dan tingkat keracunan yang ditimbulkan oleh merkuri baik secara akut maupun kronis menjadi lebih besar. Di areal pertanian/ pertambangan sebagian merkuri akan larut dalam air, sebagian lagi akan meresap kedalam tanah dan juga ada yang terbawa aliran permukaan (*run Off*) sehingga masuk kedalam aliran perairan seperti sungai-sungai dan lain-lain, Sebagian lagi merkuri akan masuk kedalam sistem metabolisme tanaman, kemudian terakumulasi pada jaringan tanaman itu sendiri.

Air buangan dari suatu laboratorium disinyalir ternyata juga mengandung merkuri, Keadaan ini dimungkinkan karena terdapatnya senyawa merkuri dalam reagen yang banyak dipakai di laboratorium-laboratorium (Palar,1994)

Mekanisme keracunan merkuri didalam tubuh belum diketahui dengan jelas, tetapi beberapa hal mengenai daya racun merkuri dalam jumlah yang cukup dapat diuraikan sebagai berikut:

1. semua komponen merkuri dalam jumlah yang cukup adalah racun bagi tubuh
2. Masing-masing komponen merkuri mempunyai perbedaan karakteristik dalam daya racunnya, distribusi, akumulasi atau pengumpulan dan waktu resistensinya didalam tubuh

3. Transformasi biologi dapat terjadi didalam lingkungan atau didalam tubuh dimana komponen merkuri diubah dari satu bentuk ke bentuk lain
4. Pengaruh merkuri didalam tubuh diduga karena dapat menghambat kemampuan kerja enzim dan mengakibatkan kerusakan sel yang disebabkan kemampuan merkuri untuk terikat dengan grup yang mengandung sulfur didalam molekul yang terdapat didalam enzim dan dinding sel. Keadaan ini mengakibatkan penghambatan aktifitas enzim dan reaksi kimia yang dikatalisasi oleh enzim tersebut
5. Kerusakan tubuh yang disebabkan oleh merkuri biasanya bersifat permanen dan sampai saat ini belum dapat disembuhkan

Merkuri anorganik mempunyai tendensi untuk terakumulasi didalam jaringan hati dan ginjal. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pada jaringan tersebut, akan tetapi pembuangan keluar tubuh juga lebih cepat melalui sistem urine (Kristianto, 2002)

Dalam penyebaran senyawa merkuri organik dalam organ tubuh, biasanya berbeda-beda tergantung pada jenis organnya namun demikian secara umum membutuhkan waktu sampai empat hari untuk mencapai keseimbangan. Metil merkuri pada umumnya terakumulasi pada sistem jaringan syaraf pusat. Akumulasi paling tinggi ditemukan pada bagian *Cortex* dan *Cerebellum*, yaitu merupakan bagian otak. Lebih lanjut hanya sekitar 10% dari merkuri tersebut ditemukan dalam sel otak

Pada wanita hamil yang terpapar oleh senyawa alkali merkuri dapat menyalurkan senyawa tersebut pada janin yang dikandungnya. Senyawa alkali merkuri tersebut masuk bersama makanan melalui plasenta karena dibawa oleh peredaran darah kejanin, sehingga pada saat lahir bayi menjadi cacat.

Dari penelitian yang pernah dilakukan dapat diketahui bahwa konsentrasi merkuri yang mencapai $20\mu\text{g/l}$ yang terdapat dalam daerah wanita hamil selama satu bulan telah dapat mengakibatkan kerusakan pada otak janin yang dikandungnya.

Sementara itu wanita hamil menyusui yang terpapar oleh senyawa metil merkuri dapat mengakibatkan susu yang dikeluarkannya terkontaminasi oleh metil merkuri. Keadaan ini menjadi salah satu jalur dari proses keracunan merkuri pada bayi-bayi yang disusui (Palar,1994)

2.4 Potensial Elektroda Logam-logam Penting

Berdasarkan harga E^0 atau lambang dari potensial elektroda, maka dapat disusun suatu deret unsur-unsur, mulai dari unsur yang memiliki E^0 terkecil sampai kepada unsur yang memiliki E^0 terbesar

K-Ba-Ca-Na-Ma-Al-Mn-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-(H)-Sb-Bi-Cu-Hg-
Ag-Pt-Au

Deret unsur-unsur diatas disebut deret potensial logam atau dikenal juga sebagai deret Volta. Elektroda dipakai sebagai standard dalam menentukan harga E^0 . Hidrogen ditempatkan dalam tanda kurung, sebab ia bukan logam

Dengan memakai deret volta, kita memperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Logam-logam yang berada disebelah kiri H memiliki E^0 negatif, Logam-logam yang berada disebelah kanan H memiliki E^0 positif
2. Makin kekanan letak suatu logam dalam deret volta, harga E^0 makin besar, hal ini berarti bahwa logam-logam sebelah kanan mudah mengalami reduksi serta sukar mengalami oksidasi
3. Makin kekiri letak suatu unsur dalam deret volta, harga E^0 makin kecil. Hal ini berarti bahwa logam-logam disebelah kiri sukar mengalami reduksi serta mudah mengalami reduksi
4. Oleh karena unsur-unsur logam cenderung melepaskan elektron (mengalami oksidasi), maka logam-logam disebelah kiri merupakan logam-logam yang aktif (mudah melepaskan elektron), sedangkan logam-logam sebelah kanan merupakan "logam-logam" (sangat sukar melepaskan elektron). Emas terletak diujung paling kanan, sebab emas paling sukar teroksidasi.
5. Makin kekanan, sifat reduktor makin lemah (sukar teroksidasi), makin kekiri, sifat reduktor makin kuat (mudah teroksidasi), itulah sebabnya,

unsur-unsur dalam deret volta hanya mampu mereduksi unsur-unsur dikanannya, tapi tidak mampu mereduksi unsur-unsur dikirinya

2.5 Arus Listrik

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

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

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

Satuan MKS dari arus adalah 1 *Coulomb* per detik, disebut amper. Banyak zat yang dihasilkan dari reaksi elektrolisis sebanding dengan banyaknya arus listrik yang dialirkan ke dalam larutan. Hal ini dapat digambarkan dengan hukum faraday I :

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

W = massa zat yang dihasilkan

A_r

$E = \text{bobot ekivalen} = \frac{A_r}{n}$

n

$i = \text{arus dalam ampere}$

$t = \text{waktu dalam satuan detik}$

$F = \text{tetapan faraday dimana } 1 \text{ faraday} = 96500 \text{ Coulomb}$

$i.t = \text{arus dalam satuan Coulomb}$

$\frac{i.t}{F}$

$\frac{i.t}{F} = \text{arus dalam satuan faraday}$

$\frac{W}{e}$

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

e

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

Jumlah faraday = grek = mol elektron

= perubahan bilangan oksidasi 1 mol zat

Dalam penentuan massa zat yang dihasilkan dalam reaksi elektrolisis, biasanya data yang diketahui adalah A_r bukan $e = \frac{A_r}{n}$ sehingga rumus faraday I menjadi

Ar.i.t

$$W = \frac{Ar.i.t}{n.F}$$

n.F

N = valensi atau banyaknya mol elektron untuk setiap mol zat

2.6 Waktu Kontak

Waktu kontak adalah faktor yang sangat berpengaruh dalam proses elektrolisis, Makin lama waktu kontak penempelan ion-ion COD dan logam Hg pada elektroda semakin banyak, sehingga COD dan logam Hg dapat diturunkan, sehingga disimpulkan bahwa, waktu yang diperlukan oleh suatu tahap pengolahan agar tujuan pengolahan dapat dicapai secara optimal (Sugiharto,1987)

2.7 Landasan Teori

Pada proses elektrolisis bisa digunakan sebagai dasar untuk mendesain alat untuk menurunkan kadar COD dan Hg pada limbah cair, karena proses pengolahan ini dapat mereduksi logam dan bahan organik dengan menggunakan 2 elektroda yang disusun berjajar vertikal untuk menangkap ion logam dari limbah cair, pada proses elektrolisis terjadi reaksi kimia jika dialiri arus listrik searah yaitu reaksi oksidasi dan reduksi pada elektrodanya, Ion-ion dalam larutan elektrolit ditarik oleh elektroda dengan muatan yang berlawanan, penurunan kadar COD terjadi pada anoda dimana dianoda terjadi

reaksi oksidasi, dimana senyawa organik akan teroksidasi membentuk gas CO_2 sedangkan ion H^+ yang terbentuk akan menuju katoda membentuk gas H_2 , sedangkan penurunan kadar Hg terjadi di katoda dimana di katoda terjadi reaksi reduksi.

Dalam hal ini, limbah cair yang akan diolah secara elektrolisis pada penelitian ini adalah limbah laboratorium terpadu dan limbah laboratorium kualitas lingkungan, Universitas Islam Indonesia, yang mengandung COD dan Hg

2.8 Hipotesis

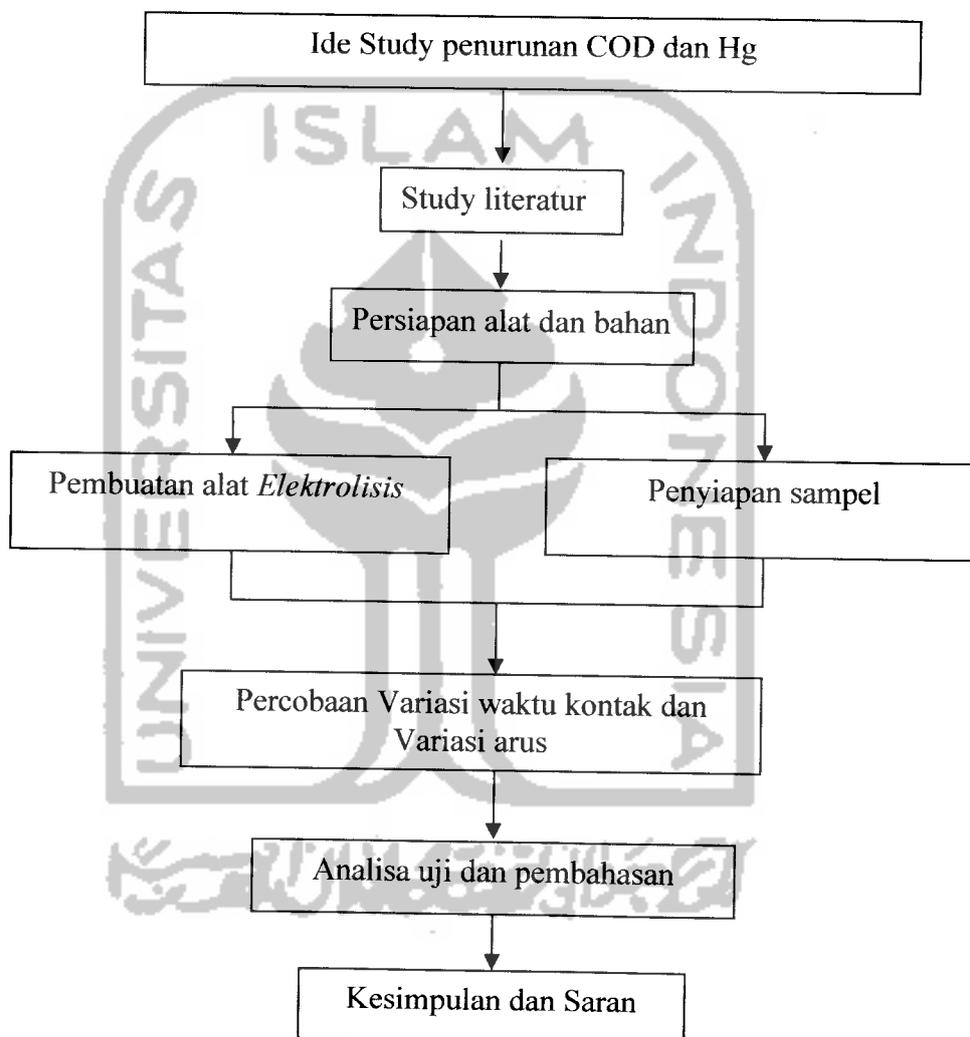
Berdasarkan perumusan masalah, tujuan penelitian dan landasan teori diatas dapat dikemukakan hipotesis sebagai berikut:

1. Variasi waktu kontak dan kuat arus berpengaruh terhadap tingkat penurunan kadar COD dan Hg dalam proses elektrolisis, Semakin lama waktu kontak dan semakin besar kuat arus, penurunan kadar COD dan Hg semakin besar
2. Variasi waktu kontak dan Arus listrik berpengaruh terhadap efisiensi penurunan COD dan Hg

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut



Gambar 3.1 *Flowchart Tahap Penelitian*

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian Laboratorium (*Labour Experiment*), yang dilakukan dengan percobaan dalam batasan waktu tertentu terhadap Kandungan COD dan Hg

3.2 Objek Penelitian

Sebagai objek penelitian ini adalah COD dan Hg yang berasal dari laboratorium Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel adalah di laboratorium Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta dan sebagai tempat analisa sampel yaitu di Laboratorium Teknik Lingkungan, UII, Yogyakarta.

3.4 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas (*Independent Variable*)

Variasi waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit. dgn variasi Arus listrik 10 amper, 15 ampere, 20 amper. Dengan anoda (stainless) dan katoda (stainless)

2. Variabel terikat (*dependent Variable*)

Kadar COD dan Hg dalam limbah Laboratorium kualitas air Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta .

3.5 Tahap pelaksanaan percobaan

3.5.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah Laboratorium Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta .

3.5.2 Alat yang digunakan dalam penelitian

1. Bak penampung air baku elektrolisis
2. Bak Elektrolisis
3. Stopwatch
4. Gelas Ukur 1000 ml
5. Jerigen 10 liter
6. Plat Stainless
7. Adaptor
8. Multimeter
9. Pipet 25 ml
10. Karet Hisap
11. Gayung

3.6 Langkah Penelitian

3.6.1 Tahap Persiapan

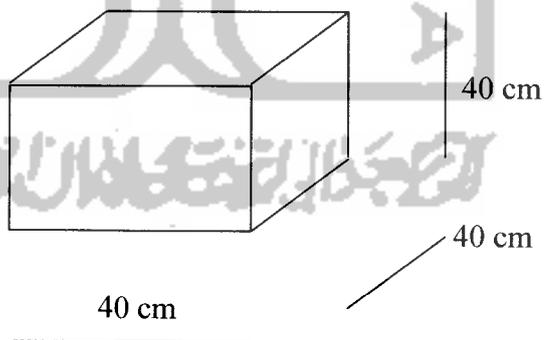
Pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan dilaboratorium kualitas air Universitas Islam Indonesia yang mengandung kadar COD dan Hg yang tinggi dan digunakan sebagai air limbah yang akan diolah. Limbah diambil dengan botol kaca yang sudah disterilkan.

3.6.2 Tahap Pelaksanaan Percobaan

1. Merancang Reaktor elektrolisis

Bak mempunyai dimensi terdiri dari panjang 40 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Bak ini terbuat dari kaca dengan tebal 0,3 cm. Penelitian proses elektrolisis ini dilakukan dengan menggunakan sistem aliran kontinyu.



Gambar 3.2 Bak elektrolisi

1. Pembuatan elektroda katoda dan anoda

Elektroda dari bahan stainless yang berjumlah 6 buah yang dialiri Arus listrik, Ukuran elektroda terdiri dari tebal 1 mm, tinggi 30 cm dan lebar 40 cm, jarak antar anoda dan katoda 6,6 cm.



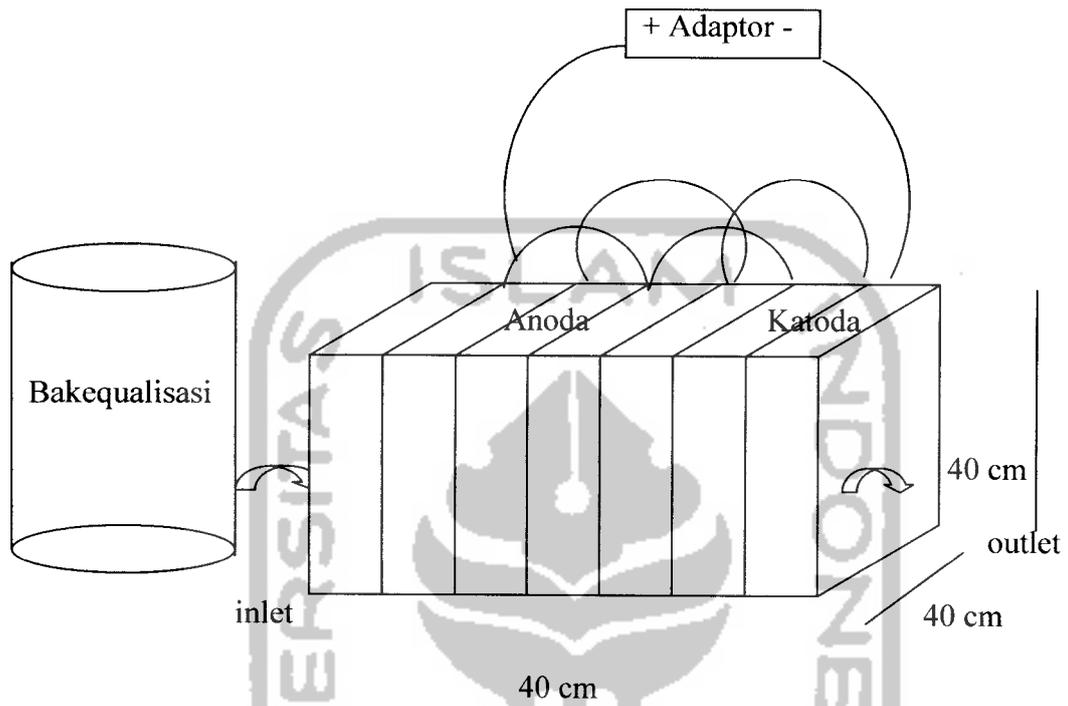
Gambar 3.3 Plat Elektroda Stainless

3.6.3 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 equalisasi
4. Memasukan limbah cair kedalam bak elektrolisis sebanyak 48 liter
5. Mengatur debit outlet dari bak equalisasi dan outlet bak proses, untuk detensi waktu 30 menit debitnya 45 ml per menit, 60 menit debitnya 37,5 ml per menit, 90 menit debitnya 32,14 ml per menit, 120 menit debitnya

26,8, dengan cara menampung aliran outlet pada gelas ukur disertai menghidupkan stop watch hingga didapatkan volume dan waktu yang diinginkan

6. Mengambil sampel untuk pemeriksaan COD dan Hg untuk 0 waktu dan 0 volt
7. Menghubungkan tegangan listrik secara selang seling antara kutub positif pada anoda dan kutub negatif pada katoda dari adaptor
8. Menghidupkan adaptor, proses elektrolisa untuk penentuan waktu efektif 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit dengan tegangan 10 ampere
9. Effluent hasil pengolahan 10 amper tersebut ditampung dalam botol plastik sebanyak 300 ml setelah waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit
10. Pengambilan sampel air hasil elektrolisis dengan pipet sebanyak 300 ml dimasukkan dalam botol, kemudian diberi kode sesuai dengan kuat arus dan waktu kontak
11. Untuk percobaan dengan kuat arus 15 ampere dan 30 amper serta waktu kontaknya dilakukan dengan langkah yang sama seperti 10 ampere
12. Air sampel diperiksa kadar COD dan Hg



Gambar 3.4 Reaktor *Elektrolisis*

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil penelitian

4.1.1. Hasil penelitian dan Efisiensi penurunan kadar Hg dan COD dengan variasi kuat arus dan waktu kontak

Hasil penelitian dan analisa laboratorium limbah cair Laboratorium Kualitas Lingkungan Universitas Islam Indonesia menunjukkan terjadinya penurunan kadar Hg dan COD yang bervariasi pada limbah tersebut setelah pengolahan dengan proses elektrolisis.

Pada penelitian ini, konsentrasi awal limbah cair Laboratorium kualitas air untuk Hg sebesar 43,4938 ppb, dan untuk COD sebesar 1366,693 mg/l, elektroda yang digunakan dalam bak elektrolisis ini adalah stainless yang dialiri arus listrik searah (DC). Variasi kuat arus yang digunakan terdiri dari 10 ampere, 15 ampere, 20 ampere dan variasi waktu kontak selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Hasil menunjukkan penurunan kadar Hg dan COD yang fluktuatif seperti disajikan dengan tabel dibawah ini

Tabel 4.1. Hasil penelitian penurunan kadar Hg (ppb)

Kuat Arus (Amper)	waktu kontak (menit)					jumlah	rata-rata
	0	30	60	90	120		
0	43.494	43.494	43.494	43.494	43.494	217.469	54.36725
10	43.494	35.657	35.037	34.699	34.366	183.253	45.8132
15	43.494	35.039	34.866	34.573	30.775	178.747	44.6867
20	43.494	34.948	34.866	35.505	36.605	185.418	46.35445
jumlah	173.975	149.138	148.263	148.271	145.240		
rata-rata	43.4938	37.2845	37.0657	37.0677	36.30995		

Sumber: data Primer,2006

Tabel 4.2. Hasil penelitian penurunan kadar COD (mg/l)

Kuat Arus (Amper)	waktu (menit)					jumlah	rata-rata
	0	30	60	90	120		
0	1366.69	1366.69	1366.693	1366.693	1366.693	6833.465	1366.693
	1366.69	1366.69	1366.693	1366.693	1366.693	6833.465	1366.693
10	1366.69	1293.44	1242.57	1233.414	1559.491	6695.608	1339.122
	1366.69	1292.24	1245.622	1240.535	1560	6705.093	1341.019
15	1366.69	1363.64	1596.627	1310.736	1346.854	6984.551	1396.91
	1366.69	1366.69	1596.627	1310.228	1346.854	6987.095	1397.419
20	1366.69	1101.66	1214.083	1199.331	1175.93	6057.697	1211.539
	1366.69	1103.7	1214.083	1197.805	1175.93	6058.206	1211.641
jumlah	10933.5	10254.8	10843	10225.44	10898.45		
rata-rata	2733.39	2563.69	2710.75	2556.359	2724.611		

Sumber: data Primer,2006

Pada Tabel 4.1 terlihat adanya penurunan kadar Hg dalam limbah cair Laboratorium kualitas air dengan variasi kuat arus maupun variasi waktu kontak .dapat dilihat bahwa penurunan kadar Hg terbesar terjadi pada kuat arus 15 ampere dengan waktu kontak 120 menit, dari kadar 43,494 ppb menjadi 30,775 ppb.

Sedangkan pada tabel 4.2 dapat dilihat juga penurunan kadar COD terbesar terjadi pada kuat arus 20 ampere dengan waktu kontak 30 menit, dengan penurunan dari 1366,69 mg/l menjadi 1101,66 mg/l.

Berdasarkan hasil penelitian kadar Hg dan COD pada Tabel 4.1 dan 4.2 diatas, maka dapat diketahui besarnya efisiensi penurunan kadar Hg dan COD dalam Tabel 4.3 dan 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil perhitungan Efisiensi Penurunan Kadar Hg

Kuat arus (amper)	waktu kontak (menit)	Kadar Hg sebelum perlakuan (ppb)	Kadar Hg sesudah perlakuan (ppb)	Efisiensi penurunan kadar Hg (%)
10	30	43.494	35.657	18.02
	60	43.494	35.037	19.44
	90	43.494	34.699	20.22
	120	43.494	34.366	20.99
15	30	43.494	35.039	19.44
	60	43.494	34.866	19.84
	90	43.494	34.573	20.51
	120	43.494	30.775	29.24
20	30	43.494	34.948	19.65
	60	43.494	34.965	19.61
	90	43.494	35.505	18.37
	120	43.494	36.605	15.84

Sumber data primer, 2006

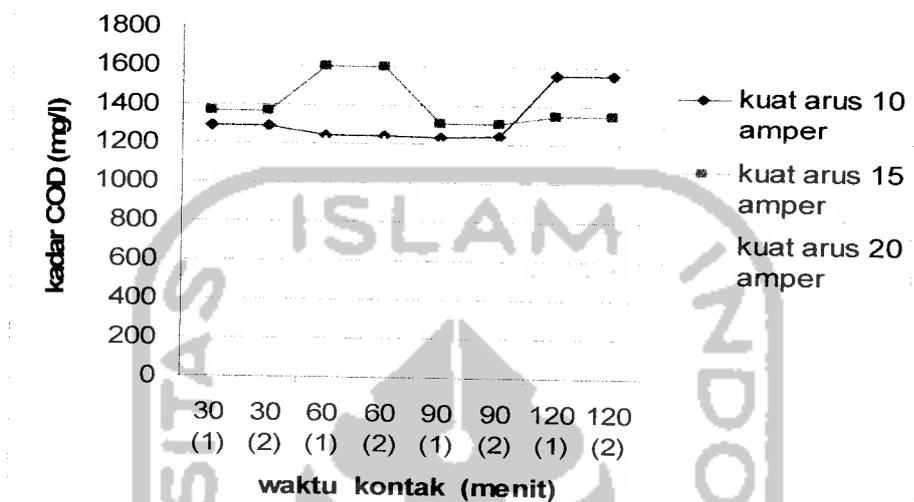
Kuat arus (amper)	waktu kontak (menit)	Kadar COD sebelum perlakuan (mg/l)	Kadar COD sesudah perlakuan (mg/l)	Efisiensi penurunan kadar COD (%)
10	30 (1)	1366.693	1293.44	5.36
	30 (2)	1366.693	1292.243	5.45
10	60 (1)	1366.693	1242.57	9.08
	60 (2)	1366.693	1245.622	8.86
10	90 (1)	1366.693	1233.414	9.75
	90 (2)	1366.693	1240.535	9.23
10	120 (1)	1366.693	1559.491	-14.11
	120 (2)	1366.693	1560	-14.14
15	30 (1)	1366.693	1363.641	0.22
	30 (2)	1366.693	1366.693	0.00
15	60 (1)	1366.693	1596.627	-16.82
	60 (2)	1366.693	1596.627	-16.82
15	90 (1)	1366.693	1310.736	4.09
	90 (2)	1366.693	1310.228	4.13
15	120 (1)	1366.693	1346.854	1.45
	120 (2)	1366.693	1346.854	1.45
20	30 (1)	1366.693	1101.66	19.39
	30 (2)	1366.693	1103.695	19.24
20	60 (1)	1366.693	1214.083	11.17
	60 (2)	1366.693	1214.083	11.17
20	90 (1)	1366.693	1199.331	12.25
	90 (2)	1366.693	1197.805	12.36
20	120 (1)	1366.693	1175.93	13.96
	120 (2)	1366.693	1175.93	13.96

Tabel 4.4 Hasil perhitungan Efisiensi Penurunan Kadar COD

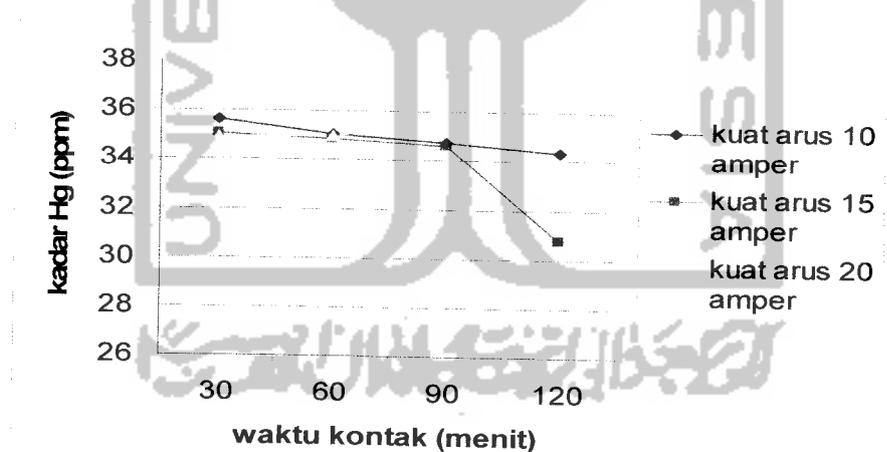
Sumber data primer, 2006

Pada tabel 4.3 terlihat bahwa prosentase penurunan kadar Hg tertinggi terjadi pada waktu kontak 120 menit dengan kuat arus 15 ampere yang mencapai 29,24%, dan pada tabel 4.4 terlihat bahwa prosentase penurunan kadar COD tertinggi terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan kuat arus 20 ampere yang mencapai 19,39%

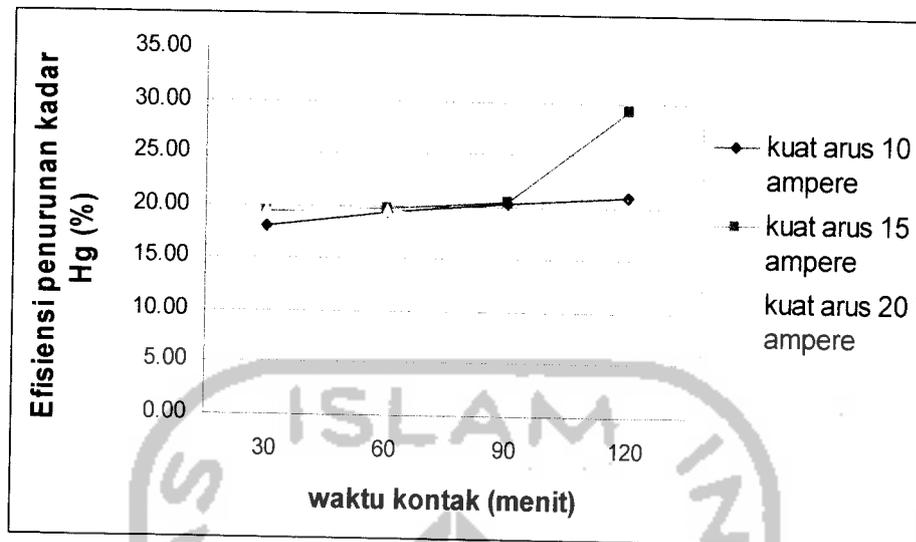
Kemudian hasil pengamatan pada Tabel 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4 disajikan dalam bentuk grafik pada gambar berikut ini



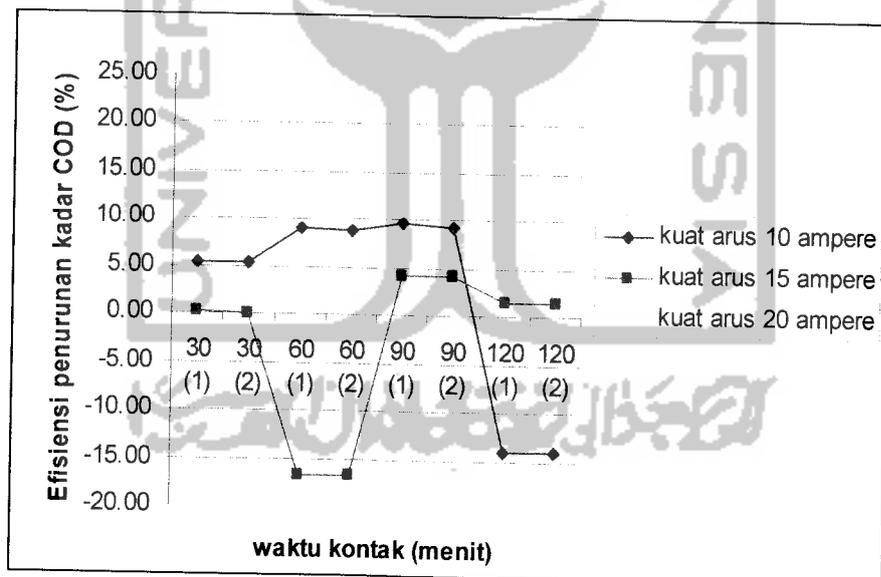
Gambar 4.1 Grafik hubungan kadar Hg dengan variasi waktu kontak pada kuat arus



Gambar 4.2 Grafik hubungan kadar COD dengan variasi waktu kontak pada kuat arus



Gambar 4.3 Grafik hubungan Efisiensi penurunan kadar Hg dan waktu kontak pada kuat arus



Gambar 4.4 Grafik hubungan Efisiensi penurunan kadar COD dan waktu kontak pada kuat arus

4.1.2. Analisis Statistik

4.1.2.1 Uji Anova COD

Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada hubungan yang signifikan antara dua faktor, yang dalam kasus ini akan diuji apakah ada interaksi antara waktu kontak dan arus listrik dengan penurunan kadar COD

Hipoteses

Hipotesis untuk kasus ini,

H_0 = tidak ada interaksi antara waktu dan kuat arus

H_1 = Ada interaksi antara waktu dan kuat arus

Pengambilan keputusan

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan nilai probabilitas

- Jika probabilitas > 0.05 , H_0 diterima
- Jika probabilitas < 0.05 , H_0 ditolak

Keputusan

Uji statistic COD

Between-Subjects Factors

		N
ARUS	10.00	8
	15.00	8
	20.00	8
WAKTU	30.00	6
	60.00	6
	90.00	6
	120.00	6

Tabel 4.5 Hasil uji anova subjects factors untuk COD

Tests of Between-Subjects Effects
Dependent Variable: KOSENTRA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	481987.938	11	43817.085	13524.156	.000
Intercept	40789362.542	1	40789362.542	12589648.777	.000
ARUS	225852.757	2	112926.379	34854.760	.000
WAKTU	66609.166	3	22203.055	6852.980	.000
ARUS * WAKTU	189526.015	6	31587.669	9749.543	.000
Error	38.879	12	3.240		
Total	41271389.359	24			
Corrected Total	482026.817	23			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

Tabel 4.6 Hasil uji anova subjects Effects untuk COD

Terlihat bahwa F hitung adalah 9749.543 dengan probabilitas 0.000. Oleh karena probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak artinya ada interaksi antara waktu dan kuat arus, sehingga mempengaruhi penurunan kadar COD pada limbah.

4.1.2.2 Uji Anova Hg

Uji statistic Hg (merkuri)

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
ARUS	1.00	10	4
	2.00	15	4
	3.00	20	4
WAKTU	1.00	30	3
	2.00	60	3
	3.00	90	3
	4.00	120	3

Tabel 4.7 Hasil uji anova subjects factors untuk Hg

of Between-Subjects Effect Tests

Dependent Variable: EVISIENSI

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	47.006	5	9.401	.876	.548
Intercept	4846.914	1	4846.914	451.881	.000
ARUS	31.374	2	15.687	1.462	.304
WAKTU	15.632	3	5.211	.486	.704
Error	64.357	6	10.726		
Total	4958.277	12			
Corrected Total	111.362	11			

a. R Squared = .422 (Adjusted R Squared = -.059)

Tabel 4.8 Hasil uji anova subjects Effects untuk Hg

Terlihat bahwa F hitung adalah 0.486 dengan probabilitas 0.704. Oleh karena probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima artinya tidak ada interaksi antara waktu dan kuat arus, sehingga tidak terlalu mempengaruhi penurunan kadar Hg pada limbah.

4.2. Pembahasan

4.2.1 Penurunan kadar Hg

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadinya penurunan kadar Hg yang bervariasi pada limbah tersebut, setelah pengolahan dengan proses elektrolisis. kadar Hg mengalami penurunan, terlihat bahwa prosentase penurunan kadar Hg tertinggi terjadi pada waktu kontak 120 menit dengan kuat arus 15 ampere yang

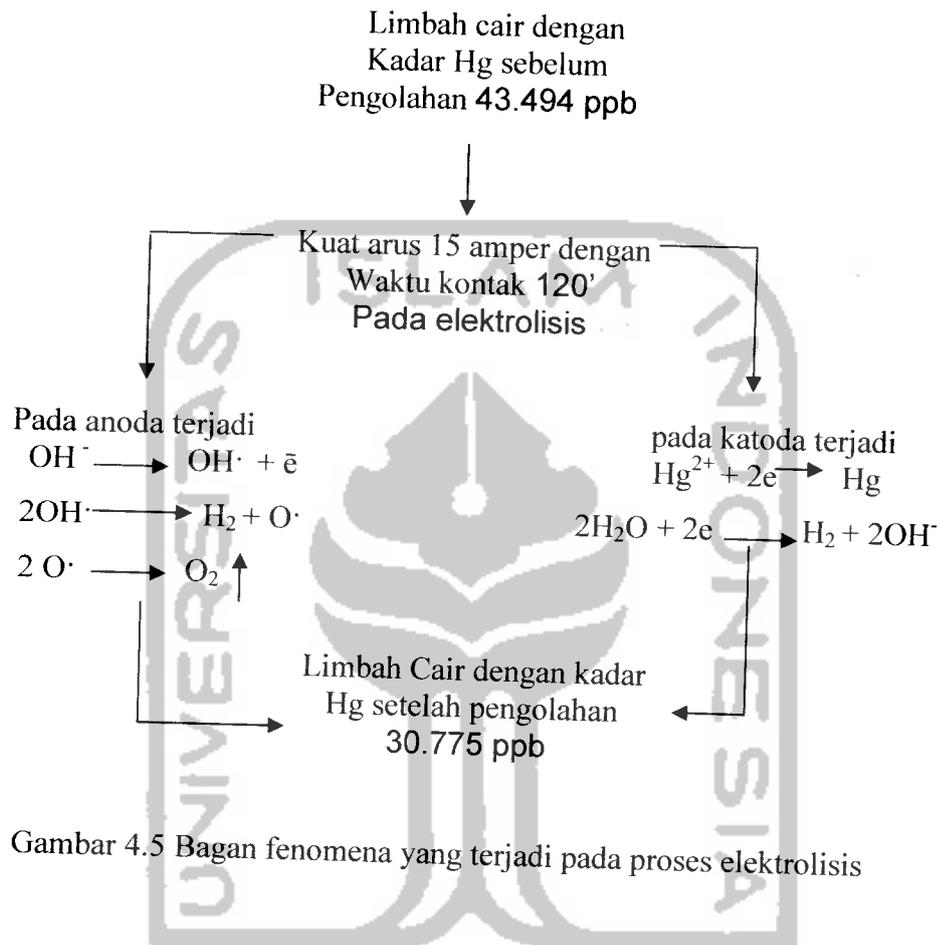
mencapai 29,24%, sedangkan penurunan terendah terjadi pada waktu kontak 120 menit dan pada arus 20 ampere sebesar 15,84%, penurunan konsentrasi Hg terjadi karena di katoda terjadi reduksi, Sehingga yang terjadi yaitu ion positif akan tereduksi kearah katoda dan menerima elektron, ion negatif bergerak kearah anoda dan menyerahkan elektron, elektron yang dilepaskan akan ditarik ion merkuri (Hg^+) dan akan terbentuk logam Hg, hal ini dapat terjadi, sehingga reaksi yang terjadi pada katoda sebagai berikut



Reaksi yang terjadi dalam elektrolisis pada katoda adalah reaksi reduksi:

- Ion-ion logam yang terbentuk diendapkan pada permukaan katoda
- Pelarut (air) mengalami reduksi dan terbentuklah gas hidrogen (H_2)
Pada katoda
- Larutan air limbah mengandung asam, maka ion H^+ dari asam akan direduksi menjadi gas hidrogen (H_2) pada katoda

Fenomena yang terjadi pada proses elektrolisis dapat dilihat pada bagan dibawah ini:



Gambar 4.5 Bagan fenomena yang terjadi pada proses elektrolisis

Menurut hukum Faraday pertama mengenai elektrolisis menyatakan bahwa jumlah perubahan kimia yang terjadi pada proses elektrolisis bergantung pada jumlah muatan listrik dan waktu kontak elektrolisis tersebut, pada hasil penelitian di atas penurunan kadar Hg tertinggi tidak terjadi pada arus yang paling besar hal ini mungkin terjadi karena terbentuknya reaksi samping yang tidak diharapkan (Sonny Widiarto,2006), Namun disini sulit untuk menduga

reaksi apa yang terjadi pada elektroda selama proses elektrolisis berlangsung. Reaksi yang terjadi pada proses elektrolisis tidak selalu merupakan kebalikan dari reaksi sel elektrokimia yang spontan. Sering kali reaksi suatu larutan dengan pelarut air, akan mengakibatkan molekul air atau ion lain yang terdapat dalam larutan teroksidasi atau tereduksi. Reaksi sebenarnya yang akan terjadi pada proses elektrolisis akan bergantung pada nilai relatif potensial standar zat-zat yang terlibat dalam reaksi.

Kenaikan konsentrasi tiap variasi waktu dimungkinkan ada persoalan dalam pengujian. Faktor lain yang berpengaruh pada peningkatan konsentrasi setiap variasi waktu percobaan adalah pada saat terjadi proses sebelum limbah dipompa ke inlet, tidak terjadi pengadukan yang sempurna pada bak penampung limbah tersebut (konsentrasi limbah pada bak penampung tidak homogen), pada penelitian ini arus yang digunakan 10 amper, 15 amper, dan 20 amper sedangkan volume limbah yang diolah adalah 48 liter. Karena limbah yang diolah cukup besar sedangkan arus yang dipakai kecil, sehingga proses elektrolisis tidak berjalan maksimal dapat dilihat dari efisiensinya penurunan kadar Hg kecil, pada penelitian sebelumnya (yanti purwaningsih, 2005) dalam menurunkan kadar Ag dengan cara elektrolisis terjadi penurunan kadar Ag 99,70% dimana limbah yang diolah hanya 4,5 liter dengan Arus 5 Amper dan waktu 140 menit. Selain itu Faktor yang mempengaruhi proses ini adalah parameter yang mempengaruhi reduksi logam adalah pH. Semakin tinggi derajat keasaman suatu larutan (pH semakin rendah), maka reduksi merkuri oleh katoda cenderung kecil dan turun (Saadi 1995). Mengingat pH limbah laboratorium

Universitas Islam Indonesia yaitu hanya berkisar 2, maka reduksi merkuri tidak berlangsung maksimal.

4.2.2 Penurunan kadar COD

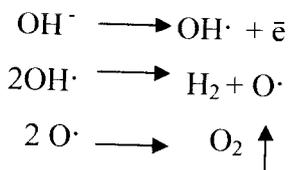
penurunan kadar COD terbesar terjadi pada kuat arus 20 ampere dengan waktu kontak 30 menit, dengan penurunan dari 1366,69 mg/l menjadi 1101,66 mg/l. Selain itu terjadi kenaikan kadar COD yang terjadi pada kuat arus 15 ampere dengan waktu kontak 60 menit, dengan kenaikan dari 1366,69 mg/l menjadi 1596.627 mg/l. Adapun massa zat yang dihasilkan dalam proses elektrolisis dapat berupa endapan, yang menandakan terjadi penurunan kadar COD. Dimana reaksi elektrolisis yang terjadi di anoda :

pada anoda terjadi reaksi oksidasi terhadap ion

- Ion-ion Halida akan dioksidasi menjadi halogen-halogen
- Pelarut (air) akan dioksidasi menjadi gas oksigen (O₂)

Pada anoda OH⁻ dilepaskan dan bereaksi dengan H₂, Sehingga akan terbentuk O₂↑

Pada anoda terjadi



O_2 yang dihasilkan dari proses oksidasi pada anoda digunakan oleh bahan oksidan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air, sehingga kadar COD dapat menurun

Penurunan konsentrasi COD didalam reaktor juga dikarenakan terjadi reaksi pengoksidasian zat-zat organik secara alamiah, selain itu karena PH limbah laboratorium sebelum dan sesudah pengolahan adalah 2 (dalam keadaan asam), pada keadan asam akan terjadi penurunan kadar COD, Sedangkan untuk peningkatan konsentrasi COD itu dikarenakan adanya gangguan yang terjadi terhadap proses pengoksidasian tersebut.

Limbah laboratorium kualitas air Universitas Islam Indonesia merupakan limbah campuran yang terdiri dari berbagai bahan, sehingga ukuran molekulnya berbeda-beda dan mempengaruhi proses oksidasi. Selain itu limbah laboratorium kadar logamnya sangat banyak dan berbagai macam, Kehadiran logam pada limbah juga mempunyai pengaruh besar terhadap oksidasi bahan organik, (Cheremisinoff,1978). Adanya kadar klor (Cl^-) sampai 2000 mg/L dapat mengganggu uji COD karena klor dapat bereaksi dengan kalium dikromat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

- 1 Hasil pengolahan limbah dengan metode elektrolisis dimana persen penurunan Hg 29,24%, dan persen penurunan COD 19,39%
2. prosentase penurunan kadar Hg tertinggi terjadi pada waktu kontak 120 menit dengan kuat arus 15 ampere yang mencapai 29,24%, dan prosentase penurunan kadar COD tertinggi terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan kuat arus 20 ampere yang mencapai 19,39%.

5.2 Saran

1. Proses pengolahan limbah cair dengan metode elektrolisis kurang efektif digunakan untuk mengolah limbah yang heterogen
2. Untuk penelitian lebih lanjut limbah cair laboratorium kualitas air Universitas Islam Indonesia dengan proses elektrolisis dapat disempurnakan lagi dengan memperhatikan faktor-faktor seperti arus listrik ,volume limbah ,PH dll

Daftar Pustaka

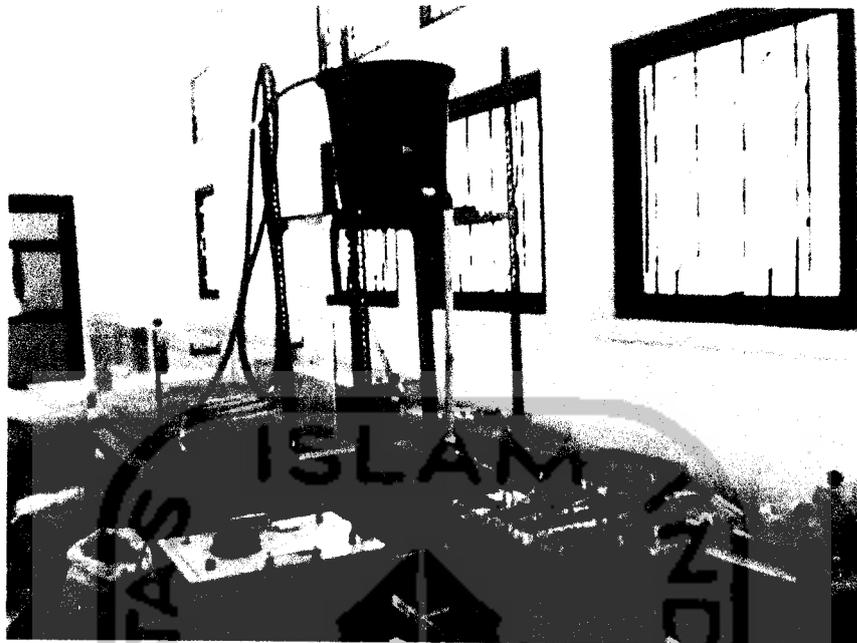
- Bard. A. Faulkner, L. 1991 *Electrochemical methods fundamentals and Applications*, Newyork
- Sulastri F, 2005, *penurunan kadar COD pada limbah penyamakan kulit dengan metode Elektrolisis*, Jurusan Ilmu Kimia, UII
- Johannes H. 1978. *Listrik dan magnet*, Balai pustaka, Jakarta
- Met Calf dan Eddy, 1990. *Waste water Engineering Treatment Disposal re Use*, New York: : Mc Brow – Hill, Tenth Edition
- Sasongko, D. 1993. *Teknik Sumber Daya air*, Erlangga, Jakarta
- Sitepoe, Mangku. 1997. *Air Untuk Kehidupan*, PT. Gramedia, Jakarta
- Soemirat, S.J. 1996. *Kesehatan Lingkungan*, UGM Press, Yogyakarta.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar pengolahan Air Limbah*, Universitas Indonesia, Jakarta
- Alaert G. Santika, S.S, 1987, *Metodelogi Penelitian Air, Usaha Nasional*, Surabaya, Indonesia
- Azrul Azwar, 1970, *Pengantar Ilmu Kesehatan*, Mutiara, Jakarta
- Darmono, 1995, *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, UI, Jakarta



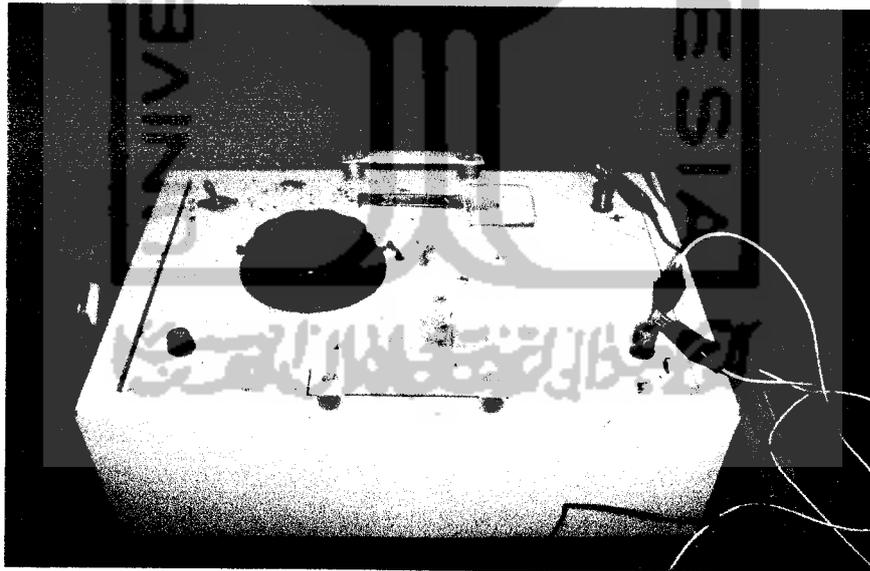
- Davis M, dan Cornwel D. 1991. *Introduction To Environmental Engineering*, New York : Mc Brow – Hill Second Edition
- Eckender W , 1989, *Industrial Water pollutan Control*, Mc Graw Hill Book Company.
- Bird Tony, 1987, *kimia fisika untuk universitas*, PT Gramedia Jakarta
- Widiarto S, 1996, *Elektrolisis larutan jenuh NaCl dengan katoda tembaga sebagai penghasil klor dan pemanfaatannya dalam pemutihan kayu sengon*, Kimia MIPA, UGM, Yogyakarta
- Purwaningsih Y, 2005, *Penurunan kadar Ag pada limbah industri kerajinan perak dengan metode elektrolisis*, STTL Yogyakarta
- Sastrawijaya, A, 1991, *Pencemaran Lingkungan* , Rineka cipta, Jakarta
- Nisa K, 2002 , *Studi pelarutan tembaga secara elektrolisis melalui oksidasi langsung anoda kosentrasi tembaga dalam medium campuran garam dan asam*. Kimia MIPA, UGM, Yogyakarta
- Nastiti E, 2005, *Studi kinetika reaksi elektrolitik pelarutan tembaga dari campuran padatan $CuFeS_2$ dan $CaCO_3$* , Kimia MIPA, UGM, Yogyakarta
- Ikarini E, 1997, *Study pemakaian Anoda Pb/PbO₂ pada elektrolisis larutan $CuSO_4$ dalam lingkungan H_2SO_4* , Kimia MIPA, UGM, Yogyakarta

LAMPIRAN

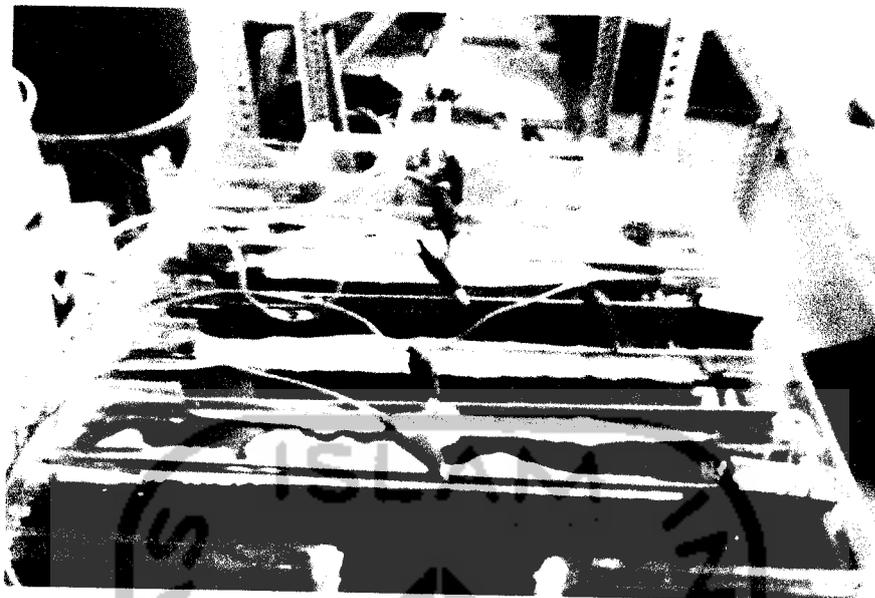




Gambar 1. reactor Elektrolisis



Gambar 2. Sumber Arus (Adaptor)



Gambar 3. Jalannya Proses Elektrolisis



Gambar 4. Flok – Flok yang menempel setelah proses elektrolisis



Gambar 5. Pemeriksaan COD



Gambar 6. pemeriksaan Hg

Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri



Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Istilah dan definisi.....	1
3 Cara uji.....	2
3.1 Prinsip.....	2
3.2 Bahan	2
3.3 Peralatan	3
3.4 Keselamatan kerja.....	3
3.5 Persiapan dan pengawetan contoh uji.....	3
3.6 Persiapan pengujian.....	4
3.7 Prosedur.....	4
3.8 Perhitungan	4
4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu.....	4
4.1 Jaminan mutu	4
4.2 Pengendalian mutu.....	5
5 Rekomendasi.....	5
Lampiran A Pelaporan.....	6
Bibliografi.....	7

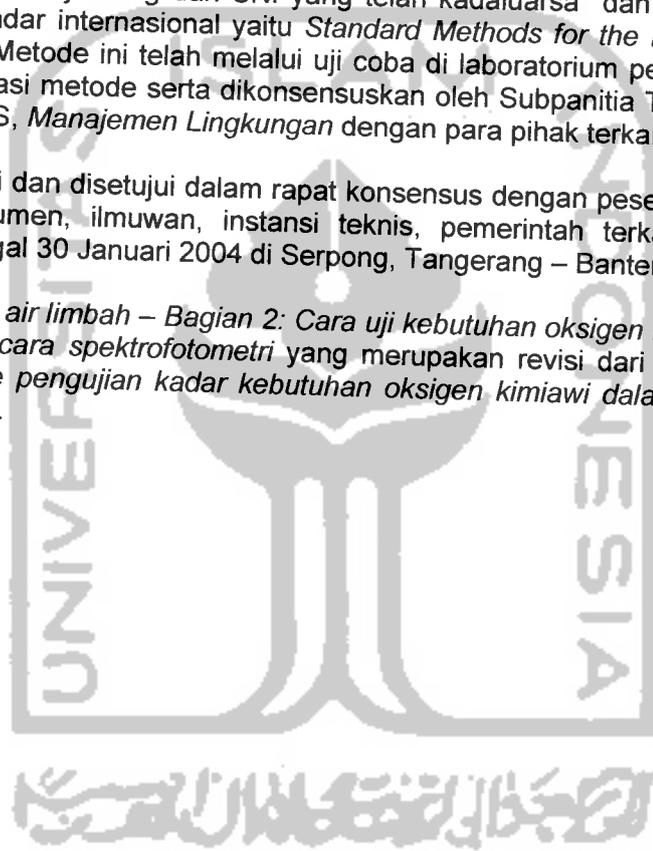
Prakata

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

Metode ini merupakan hasil kaji ulang dari SNI yang telah kadaluarsa dan menggunakan referensi dari metode standar internasional yaitu *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. Metode ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta dikonsensuskan oleh Subpanitia Teknis Kualitas Air dari Panitia Teknis 207S, *Manajemen Lingkungan* dengan para pihak terkait.

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

Metode ini berjudul *Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri* yang merupakan revisi dari SNI 06-2504-1991 dengan judul *Metode pengujian kadar kebutuhan oksigen kimiawi dalam air dengan alat refluks tertutup*.



Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dalam air dan air limbah dengan reduksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ secara spektrofotometri pada kisaran nilai KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L pada panjang gelombang 600 nm dan nilai KOK lebih kecil 100 mg/L pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 420 nm.

Metode ini digunakan untuk contoh uji air dan air limbah dan tidak berlaku bagi air limbah yang mengandung ion klorida lebih besar dari 2000 mg/L.

2 Istilah dan definisi

2.1

larutan induk

larutan baku kimia yang dibuat dengan kadar tinggi dan akan digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

2.2

larutan baku

larutan induk yang diencerkan dengan air suling bebas organik, dan mempunyai nilai KOK 500 mg/L

2.3

larutan kerja

larutan baku yang diencerkan dengan air suling bebas organik, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan mempunyai kisaran nilai KOK: 0,0 mg/L; 100 mg/L; 200 mg/L; 300mg/L; 400mg/L

2.4

larutan blanko atau air suling bebas organik

adalah air suling yang tidak mengandung organik atau mengandung organik dengan kadar lebih rendah dari batas deteksi

2.5

kurva kalibrasi

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

2.6

blind sample

larutan baku dengan kadar tertentu

2.7

spike matrix

contoh uji yang diperkaya dengan larutan baku dengan kadar tertentu

2.8

SRM (Standard Reference Material)

bahan standar yang tertelusur ke sistem nasional

2.9

CRM (Certified Reference Material)

bahan standar bersertifikat yang tertelusur ke sistem nasional atau internasional

3 Cara uji

3.1 Prinsip

KOK (*Chemical Oxygen Demand = COD*) adalah jumlah oksidan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O_2 untuk tiap 1000 mL contoh uji.

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

Untuk nilai KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L ditentukan kenaikan Cr^{3+} pada panjang gelombang 600 nm. Pada contoh uji dengan nilai KOK yang lebih tinggi, dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebelum pengujian. Untuk nilai KOK lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L ditentukan pengurangan konsentrasi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ pada panjang gelombang 420 nm.

3.2 Bahan

- a) Air suling bebas klorida dan bebas organik.
- b) Larutan pencerna (*digestion solution*) pada kisaran konsentrasi tinggi.
Tambahkan 10,216 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam ke dalam 500 ml air suling. Tambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 . Larutkan, dan dinginkan pada suhu ruang dan encerkan sampai 1000 mL.
- c) Larutan pencerna (*digestion solution*) pada kisaran konsentrasi rendah.
Tambahkan 1,022 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam ke dalam 500 mL air suling. Tambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 . Larutkan, dan dinginkan pada suhu ruang dan encerkan sampai 1000 mL.
- d) Larutan pereaksi asam sulfat
Tambahkan serbuk atau kristal Ag_2SO_4 teknis ke dalam H_2SO_4 pekat dengan perbandingan 5,5 g Ag_2SO_4 untuk tiap satu kg H_2SO_4 pekat atau 10,12 g Ag_2SO_4 untuk tiap 1000 mL H_2SO_4 pekat. Biarkan 1 jam sampai dengan 2 jam sampai larut, aduk.
- e) Asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$).
Digunakan jika gangguan nitrit akan dihilangkan. Tambahkan 10 mg asam sulfamat untuk setiap mg $\text{NO}_2^- \text{ N}$ yang ada dalam contoh uji.
- f) Larutan standar kalium hidrogen phtalat, $\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$ (KHP).
Gerus perlahan KHP lalu keringkan sampai berat konstan pada suhu 110°C . Larutkan 425 mg KHP ke dalam air suling, encerkan sampai 1000 mL. Secara teori, KHP mempunyai nilai KOK 1,176 mg O_2/mg KHP dan larutan ini secara teori mempunyai nilai KOK 500 $\mu\text{g O}_2/\text{mL}$. Larutan ini stabil bila disimpan dalam kondisi dingin. Hati-hati terhadap pertumbuhan biologi. Siapkan dan pindahkan larutan dalam kondisi steril. Sebaiknya larutan ini dipersiapkan setiap 1 minggu.

3.3 Peralatan

- a) spektrofotometer sinar tampak;
- b) kuvet;
- c) tabung pencernaan, lebih baik gunakan kultur tabung borosilikat dengan ukuran 16 mm x 100 mm; 20 mm x 150 mm atau 25 mm x 150 mm bertutup ulir. Atau alternatif lain, gunakan ampul borosilikat dengan kapasitas 10 mL (diameter 19 mm sampai dengan 20 mm);
- d) pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung;
- e) mikroburet;
- f) labu ukur 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL dan 1000 mL;
- g) pipet volum 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL dan 25 mL;
- h) gelas piala; dan
- i) timbangan analitik.

3.4 Keselamatan kerja

Perhatian Selalu gunakan pelindung wajah dan sarung tangan untuk melindungi dari panas dan kemungkinan ledakan tinggi pada suhu 150°C.

3.5 Persiapan dan pengawetan contoh uji

3.5.1 Persiapan contoh uji

- a) Homogenkan contoh uji.
- b) Cuci tabung refluks dan tutupnya dengan H₂SO₄ 20% sebelum digunakan.
- c) Pipet volume contoh uji dan tambahkan larutan pencernaan dan tambahkan larutan pereaksi asam sulfat yang memadai ke dalam tabung atau ampul, seperti yang dinyatakan dalam tabel berikut:

Tabel 1 Contoh uji dan larutan pereaksi untuk bermacam-macam tabung pencernaan

Tabung pencernaan	Contoh uji (mL)	Larutan pencernaan (mL)	Larutan pereaksi asam sulfat (mL)	Total volume (mL)
Tabung kultur				
16 x 100 mm	2,50	1,50	3,5	7,5
20 x 150 mm	5,00	3,00	7,0	15,0
25 x 150 mm	10,00	6,00	14,0	30,0
Standar Ampul :				
10 ml	2,50	1,50	3,5	7,5

- d) Tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen.
- e) Letakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C, lakukan refluks selama 2 jam.

3.5.2 Pengawetan contoh uji

Contoh uji diawetkan dengan menambahkan H₂SO₄ sampai pH lebih kecil dari 2,0 dan contoh uji disimpan pada pendingin 4°C dengan waktu simpan 7 hari.

3.6 Persiapan pengujian

Pembuatan kurva kalibrasi

- Optimalkan alat uji spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian KOK.
- Siapkan setidaknya 5 larutan standar KHP ekuivalen dengan KOK untuk mewakili kisaran konsentrasi.
- Gunakan volume pereaksi yang sama antara contoh dan larutan standar KHP.
- Baca absorbansinya pada panjang gelombang 600 nm atau panjang gelombang 420 nm.
- Buat kurva kalibrasi.

3.7 Prosedur

- Dinginkan perlahan-lahan contoh yang sudah direfluks sampai suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Jika perlu, saat pendinginan sesekali tutup contoh dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas.
- Biarkan suspensi mengendap dan pastikan bagian yang akan diukur benar-benar jernih.
- Ukur contoh dan larutan standar pada panjang gelombang yang telah ditentukan (420 nm atau 600 nm).
- Pada panjang gelombang 600 nm, gunakan blanko yang tidak direfluks sebagai larutan referensi.
- Jika konsentrasi KOK lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L, lakukan pengukuran pada panjang gelombang 420 nm, gunakan pereaksi air sebagai larutan referensi.
- Ukur absorpsi blanko yang tidak direfluks yang mengandung dikromat, dengan pereaksi air sebagai pengganti contoh uji, akan memberikan absorpsi dikromat awal.
- Perbedaan absorbansi antara contoh yang direfluks dan yang tidak direfluks adalah pengukuran KOK contoh uji.
- Plot perbedaan absorbansi antara blanko yang direfluks dan absorbansi larutan standar yang direfluks terhadap nilai KOK untuk masing-masing standar.
- Lakukan analisa duplo.

3.8 Perhitungan

Nilai KOK : sebagai mg /L O₂

- Masukkan hasil pembacaan absorbansi contoh uji ke dalam kurva kalibrasi
- Nilai KOK adalah hasil pembacaan konsentrasi contoh uji dari kurva kalibrasi.

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

4.1 Jaminan mutu

- Gunakan bahan kimia pro analisa (pa).
- Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- Gunakan air suling bebas organik untuk pembuatan blanko dan larutan kerja.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu simpan maksimum 7 hari.

4.2 Pengendalian mutu

- Linieritas kurva kalibrasi (r) harus lebih besar atau sama dengan 0,995.
- Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi. Kandungan organik (nilai KOK) dalam larutan blanko harus lebih kecil dari batas deteksi.
- Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis. Perbedaan persen relatif (*Relative Percent Different, RPD*) terhadap dua penentuan (replikasi) adalah lebih kecil atau sama dengan 5%, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$RPD = \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2) / 2} \times 100\%$$

dengan pengertian:

- X_1 adalah konsentrasi KOK pada penentuan pertama;
 X_2 adalah konsentrasi KOK pada penentuan ke dua.

Bila nilai RPD lebih besar dari 5%, pengujian harus diulang.

5 Rekomendasi

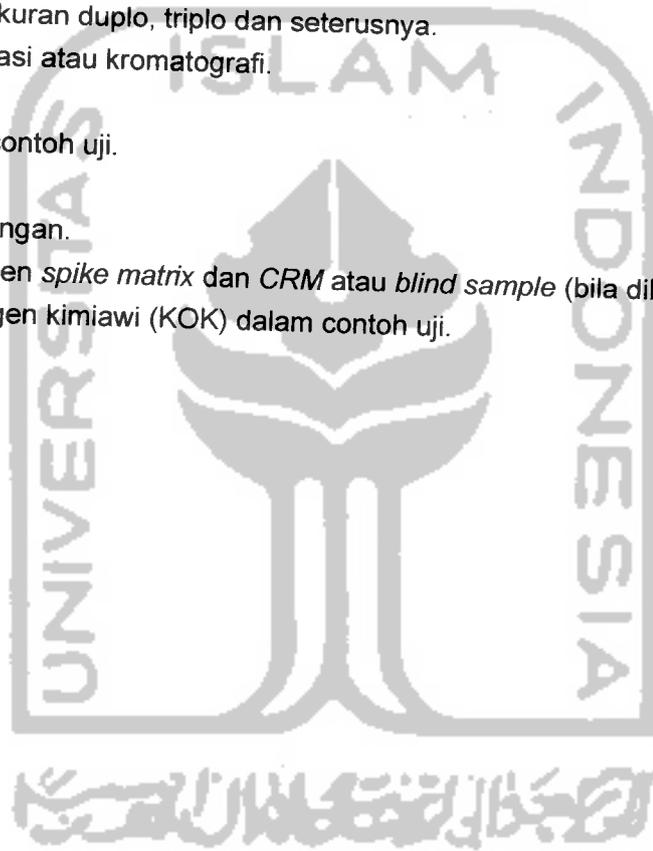
Kontrol akurasi dapat dilakukan dengan salah satu dari berikut ini:

- Analisis SRM.
- Lakukan analisis SRM (*Standard Reference Material*) untuk kontrol akurasi.
- Analisis blind sample.
- Kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115% atau sesuai dengan kriteria dalam sertifikat CRM.
- Buat kartu kendali (*control chart*) untuk akurasi analisis.

Lampiran A
(normatif)
Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut.

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



Bibliografi

Lenore S.Clesceri et al. "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water", 20th Edition, 1998, Metode 5220 D (Closed Reflux, Colorimetric Method)



STANDAR

SK SNI M-31-1990-03

24

METODE PENGUJIAN KADAR MERKURI
DALAM AIR DENGAN ALAT SPEKTROFOTOMETER
SERAPAN ATOM SECARA ATOMISASI DINGIN



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

DAFTAR RUJUKAN

1. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1985 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th Edition, APHA, Washington D.C.
2. Departemen Pekerjaan Umum, 1989 Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air. Nomor SK SNI M-02-1989-F, Yayasan LPMB, Bandung.



" Hak Cipta dilindungi Undang-Undang "

DAFTAR ISI

halaman

I	DESKRIPSI	1
1.1	Maksud dan Tujuan	1
1.1.1	Maksud	1
1.1.2	Tujuan	1
1.2	Ruang Lingkup	1
1.3	Pengertian	1
II	CARA PELAKSANAAN	2
2.1	Peralatan dan Bahan Penunjang Uji	2
2.1.1	Peralatan	2
2.1.2	Bahan Penunjang Uji	2
2.2	Persiapan Benda Uji	4
2.2.1	Pengujian Merkuri Terlarut	4
2.2.2	Pengujian Merkuri Total	4
2.3	Persiapan Pengujian	4
2.3.1	Pembuatan Larutan Induk Merkuri, Hg	4
2.3.2	Pembuatan Larutan Baku Merkuri, Hg	5
2.3.3	Pembuatan Kurva Kalibrasi	5
2.4	Cara Uji	5
2.5	Perhitungan	6
2.6	Laporan	6

I. DESKRIPSI

1.1 Maksud dan Tujuan

1.1.1 Maksud

Metode pengujian ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pelaksanaan pengujian kadar merkuri, Hg dalam air.

1.1.2 Tujuan

Tujuan metode pengujian ini untuk memperoleh kadar merkuri terlarut dan merkuri total dalam air.

1.2 Ruang Lingkup

Lingkup pengujian meliputi:

- 1) cara pengujian kadar merkuri terlarut dan merkuri total yang terdapat dalam air antara 0,6-15 $\mu\text{g/L}$;
- 2) penggunaan metode atomisasi dingin dengan alat spektrofotometer serapan atom (SSA) pada panjang gelombang 253,6 nm.

1.3 Pengertian

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan metode pengujian ini:

- 1) merkuri terlarut adalah ion merkuri dalam air yang dapat lolos melalui saringan membran berpori 0,45 μm ;
- 2) merkuri total adalah jumlah unsur merkuri yang terlarut dan tersuspensi dalam air setelah dilakukan proses pemanasan dengan asam kuat;
- 3) kurva kalibrasi adalah grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan baku dengan hasil pembacaan serapan-masuk yang biasanya merupakan garis lurus;
- 4) larutan induk adalah larutan baku kimia yang dibuat dengan kadar tinggi dan akan digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah;
- 5) larutan baku adalah larutan yang mengandung kadar yang sudah diketahui secara pasti dan langsung digunakan sebagai pembanding dalam pengujian.

II. CARA PELAKSANAAN

2.1 Peralatan dan Bahan Penunjang Uji

2.1.1 Peralatan

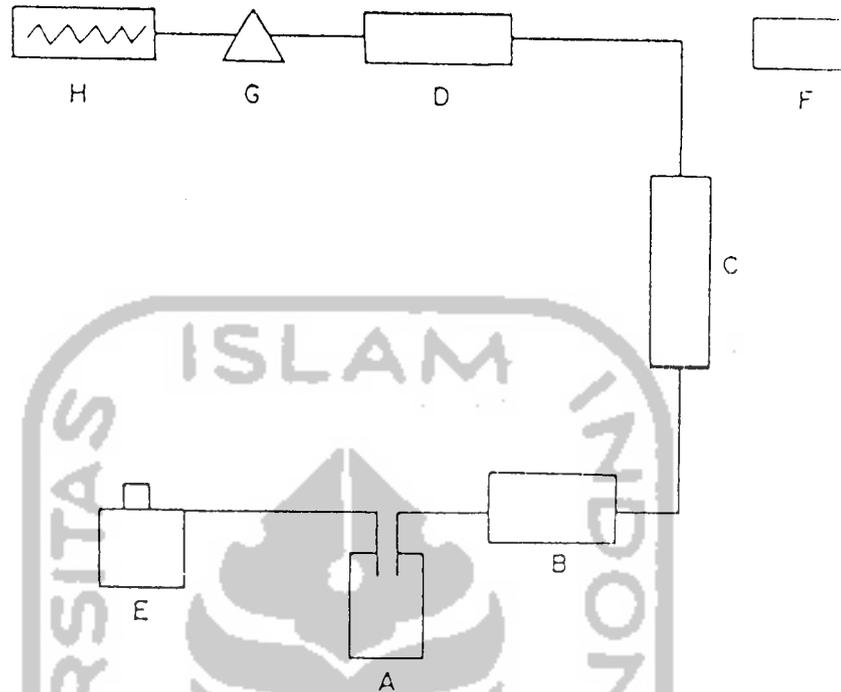
Peralatan yang digunakan terdiri atas:

- 1) spektrofotometer serapan atom sinar tunggal atau sinar ganda yang mempunyai kisaran panjang gelombang antara 190-870 nm dan lebar celah antara 0,2-2 nm, dan telah dikalibrasi pada saat digunakan, serta mempunyai perlengkapan analisis merkuri (lihat Gambar 1);
- 2) pemanas listrik yang dilengkapi pengatur suhu;
- 3) pengaduk magnet yang dilengkapi pengatur kecepatan putar tetap;
- 4) labu ukur 100 dan 1000 mL;
- 5) labu erlenmeyer 250 mL;
- 6) gelas ukur 100 mL;
- 7) pipet seukuran 10 mL;
- 8) pipet ukur 10 mL;
- 9) pipet mikro 25 dan 50 μ L;
- 10) botol gelas 250 mL.

2.1.2 Bahan Penunjang Uji

Bahan kimia yang berkualitas p.a. dan bahan lain yang digunakan dalam pengujian ini terdiri atas:

- 1) kemasan larutan logam Hg 1,0 g atau kemasan larutan induk Hg 1000 mg/L;
- 2) larutan kalium permanganat, KMnO_4 , 5%;
- 3) larutan kalium persulfat, $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, 5%;
- 4) larutan NaCl-hidroksilamin sulfat 12%;
- 5) larutan stano klorida, SnCl_2 , 10%;
- 6) asam nitrat, HNO_3 , pekat;
- 7) magnesium klorat, MgClO_4 ;
- 8) saringan membran berpori 0,45 μ m;
- 9) asam sulfat, H_2SO_4 , pekat.



GAMBAR 1
SKEMA PERLENGKAPAN ANALISIS MERKURI

Keterangan:

- A : Bejana untuk benda uji
- B : Tabung penyaring berisi $MgClO_4$
- C : Pengukur aliran udara
- D : Sel penyerap
- E : Kompresor udara
- F : Lampu merkuri
- G : Detektor
- H : Rekorder

2.2 Persiapan Benda Uji

2.2.1 Pengujian Merkuri Terlarut

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air, SK SNI M-02-1989-F;
- 2) ukur 125 mL contoh uji secara duplo dan saring dengan saringan membran berpori 0,45 μ m, air saringan merupakan benda uji;
- 3) masukkan benda uji ke dalam botol gelas yang bersih;
- 4) benda uji siap diuji.

2.2.2 Pengujian Merkuri Total

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air, SK SNI M-02-1989-F;
- 2) kocok contoh uji dan ukur 100 mL secara duplo, kemudian masukkan masing-masing ke dalam labu erlenmeyer 250 mL;
- 3) tambahkan ke dalam labu erlenmeyer masing-masing 5 mL larutan asam sulfat pekat, 2,5 mL asam nitrat pekat dan 15 mL larutan KMnO_4 5%, serta biarkan 15 menit;
- 4) tambahkan ke dalam labu erlenmeyer masing-masing 8 mL larutan kalium persulfat 5%;
- 5) panaskan labu erlenmeyer tersebut 95° C diatas penangas air selama 2 jam;
- 6) dinginkan, kemudian tambahkan larutan hidrosilamin sampai warna merah dari larutan hilang;
- 7) encerkan lagi dengan air suling sampai volumenya 100 mL;
- 8) benda uji siap diuji.

2.3 Persiapan Pengujian

2.3.1 Pembuatan Larutan Induk Merkuri, Hg

Buat larutan induk merkuri 1000 mg/L dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) tuangkan larutan logam Hg 1,0 g dari kemasan ke dalam labu ukur 1000 mL dan tambahkan 1,5 mL HNO_3 pekat;

- 2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera.

2.3.2 Pembuatan Larutan Baku Merkuri, Hg

Buat larutan baku merkuri dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) pipet 10 mL larutan induk merkuri 1000 mg/L dan masukkan ke dalam labu ukur 100 mL;
- 2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh larutan merkuri 100 mg/L;
- 3) pipet 0, 25, 50, 75 dan 100, μ L larutan merkuri 100 mg/L dan masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 1000 mL;
- 4) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh kadar merkuri 0; 2,5; 5,0; 7,5 dan 10,0, μ g/L.

2.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Buat kurva kalibrasi dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) atur alat SSA dan perlengkapannya serta optimalkan untuk pengukuran merkuri sesuai dengan petunjuk penggunaan alat;
- 2) masukkan 100 mL larutan baku ke dalam bejana masing-masing secara duplo untuk setiap kadar larutan;
- 3) tambahkan masing-masing 5 mL asam sulfat pekat dan 2,5 mL asam nitrat pekat;
- 4) tambahkan masing-masing 5 mL larutan SnCl_2 dan segera tutup bejananya;
- 5) aduk larutan selama 90 detik dengan pengaduk;
- 6) alirkan udara melalui bejana, dan catat serapan-masuk yang muncul pada rekorder;
- 7) apabila perbedaan pengukuran secara duplo lebih dari 2% periksa keadaan alat dan ulangi langkah 1) sampai langkah 6), apabila perbedaannya kurang atau sama dengan 2% rata-ratakan hasilnya;
- 8) buat kurva kalibrasi dari data di atas atau tentukan persamaan garis lurusnya.

2.4 Cara Uji

Lakukan pengujian dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) ukur 100 mL benda uji dan masukkan ke dalam bejana;

- 2) tambahkan masing-masing 5 mL asam sulfat pekat dan 2,5 mL asam nitrat pekat;
- 3) tambahkan masing-masing 5 mL larutan SnCl_2 dan segera tutup bejananya;
- 4) aduk larutan selama 90 detik dengan pengaduk magnet;
- 5) alirkan udara melalui bejana, dan catat serapan-masuk yang muncul pada rekorder.

2.5 Perhitungan

Hitung kadar merkuri dalam benda uji dengan menggunakan kurva kalibrasi atau persamaan garis lurus dan perhatikan hal-hal sebagai berikut:

- 1) selisih kadar maksimum yang diperbolehkan antara dua pengukuran duplo adalah 2%, rata-ratakan hasilnya;
- 2) bila hasil perhitungan kadar merkuri lebih besar dari 15 $\mu\text{g/L}$, ulangi pengujian dengan mengencerkan benda uji.

2.6 Laporan

Catat pada formulir kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) parameter yang diperiksa;
- 2) nama pemeriksa;
- 3) tanggal pemeriksaan;
- 4) nomor laboratorium;
- 5) data kurva kalibrasi;
- 6) nomor contoh uji;
- 7) lokasi pengambilan contoh uji;
- 8) waktu pengambilan contoh uji;
- 9) pembacaan serapan masuk pertama dan kedua;
- 10) kadar dalam benda uji.

LAMPiRAN C : KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP
 NOMOR : KEP-51/MENLH/ 10/ 1995
 TENTANG : BAKU MUTU UMBAH CAIR BAGI KEGIATAN INDUSTRI
 TANGGAL : 23 OKTOBER 1995

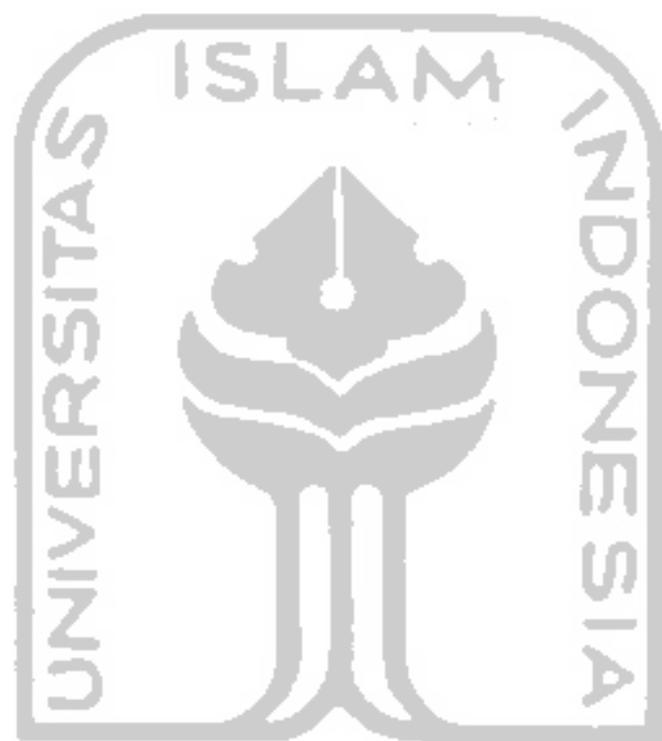
BAKU MUTU LIMBAH CAIR

NO.	PARAMETER	SATUAN	GOLONGAN BAKU	
			MUTU LIMBAH CAIR	
FISIKA				
1.	Temperatur	derajat C	38	40
2.	Zat padat larut	mg/ L	2000	4000
3.	Zat padat tersuspensi	mg/ L	200	400
KIMIA				
1.	pH		6,0 sampai 9,0	
2.	Besi terlarut (Fe)	mg/ L	5	10
3.	Mangan terlarut (Mn)	mg/ L	2	5
4.	Barium (Ba)	mg/ L	2	3
5.	Tembaga (Cu)	mg/ L	2	3
6.	Seng (Zn)	mg/ L	5	10
7.	Krom Heksavalen (Cr ⁺⁶)	mg/ L	0,1	0,5
8.	Krom Total (Cr)	mg/ L	0,5	1
9.	Cadmium (Cd)	mg/ L	0,05	0,1
10.	Raksa (hg)	mg/ L	0,002	0,005
11.	Timbal (Pb)	mg/ L	0,1	1
12.	Stanum	mg/ L	2	3
13.	Arsen	mg/ L	0,1	0,5
14.	Selenium	mg/ L	0,05	0,5
15.	Nikel (Ni)	mg/ L	0,2	0,5
16.	Kobalt (Co)	mg/ L	0,4	0,6
17.	Sianida (CN)	mg/ L	0,05	0,5
18.	Sulfida (H ₂ S)	mg/ L	0,05	0,1
19.	Fluorida (F)	mg/ L	2	3
20.	Klorin bebas (Cl ₂)	mg/ L	1	2

NO.	PARAMETER	SATUAN	GOLONGAN BAKU	
			MUTU LIMBAH CAIR	
21.	Amonia bebas (NH ₃ -N)	mg/L	1	5
22.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	20	30
23.	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	1	3
24.	BOD ₅	mg/L	50	150
25.	COD	mg/L	100	300
26.	Senyawa aktif biru metilen	mg/L	5	10
27.	Fenol	mg/L	0,5	1
28.	Minyak Nabati	mg/L	5	10
29.	Minyak Mineral	mg/L	10	50
30.	Radioaktivitas (**)	-	-	-

Catatan :

- *) Untuk memenuhi baku mutu limbah cair tersebut kadar parameter limbah tidak diperbolehkan dicapai dengan cara pengenceran dengan air secara langsung di ambil dari sumber air. Kadar parameter limbah tersebut adalah limbah maksimum yang diperbolehkan.
- **) Kadar radioaktivitas mengikuti peraturan yang berlaku.



جامعة الإسلام في إندونيسيا

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO MHS	PRODI
1	Dian Asriyati	02513118	Teknik Lingkungan
2			

JUDUL TUGAS AKHIR : Penurunan Cod, HG dan Crom pada Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Electrolisis

PERIODE : II
SEMESTER/TAHUN : Genap 2005/2006

No	kegiatan	Bulan Ke ;					
		Juni	Juli	Agustus	Septem	Okt	Nov
1	Pendaftaran						
	Penentuan Dosen pembimbing						
2	Pembuatan Proposal						
3	Seminar proposal						
4	Konsultasi Penyusunan TA						
5	Sidang - sidang						
6	Pendadaran						
7							

DOSEN PEMBIMBING I : Luqman Hakim, ST, MSI
DOSEN PEMBIMBING II : Eko Siswoyo, ST
DOSEN PEMBIMBING III :

Yogyakarta, 3 Agustus 2006
Koordinator TA

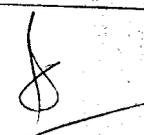
(Eko Siswoyo, ST)



Catatan

Seminar :
Sidang :
Pendadaran :

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan	
			Pemb I	Pemb II
1.	20/06/20	<p>1. Nilai hasil penelitian yg telah dipaparkan dan ditinjau yg cukup</p> <p>2. Nilai yg telah dipaparkan dan ditinjau yg cukup</p> <p>3. Nilai yg telah dipaparkan dan ditinjau yg cukup</p>		
2.	21/06/20	<p>1. Nilai yg telah dipaparkan dan ditinjau yg cukup</p> <p>2. Nilai yg telah dipaparkan dan ditinjau yg cukup</p>		
3.	22/06/20	<p>1. Nilai yg telah dipaparkan dan ditinjau yg cukup</p> <p>2. Nilai yg telah dipaparkan dan ditinjau yg cukup</p>		
4.	23/06/20	<p>1. Nilai yg telah dipaparkan dan ditinjau yg cukup</p> <p>2. Nilai yg telah dipaparkan dan ditinjau yg cukup</p>		

