PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA : 25-03-2010
NO. JUDUL : 003690
NO. INV. : 5120003690001
NO. INDUK. :

No: TA/ TL/ 2006/ 0147

TUGAS AKHIR

"PENURUNAN KADAR CROMIUM (CR) DAN COD PADA LIMBAH CAIR LABORATORIUM UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA MENGGUNAKAN REAKTOR *ELEKTROLISIS DENGAN ELEKTRODA ALUMINIUM*"

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

PERPUSTAKAAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Oleh :

Nama	**: Lia Riniptosari**
No. Mahasiswa	**: 02 513 105**
Program Studi	**: Teknik Lingkungan**

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2006

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

PERSEMBAHAN

Kedua Orang Tuaku

Terima kasih yang tak terhingga atas semua yang sudah bapak dan ibu berikan kepada anakmu ini ....kasih sayangnya, perhatian, dengan penuh perjuangan bapak dan ibu telah membesarkan aku ..., berkat dukungan dan jerih payah bapak dan ibu aku masih bisa bernafas dan menghasilkan karya kecil ini
Karya ini khusus kupersembahkan buat bapak dan ibu...LOVE U

"Mãs"Tersayang
"Mãs" Anugrah terindah buatku, berkat dukungan, kasih sayang yang "Mãs" berikan menjadi motivasiku untuk menjadi yang terbaik dan bertahan manghadapi cobaan hidup
Thank's "Mãs"
Love u hon.....

Adĕ'Kŭ Tersayang
Han, makasih banyak.....berkat dukungan, doronganmu, menjadi motivasi buat "mbak" bisa menyelesaikan karya kecil ini

Special Thanks To :

1. *Kel. Besar bpk.peroudin, Makasih koz-koz'an'nya, bikin aku betah di jogja aja!!!selalu jadi kenangan indahku....*
2. *"mas" thank's atas dukunganya, kasih sayang, kesabaran & semangatnya buat nduk, yang pasti selalu ngerepotin yach.... walaupun kadang bikin dongkol, Tapi insya Allah menjadi yang terbaik.*
3. *Dian asriyati, ST, terimakasih kerjasama penelitianya..... 'en' makasih berkat dukungan dan semangat dari 'en' jadi motivasi buat aku...akhirnya selese juga tugas akhir,ku 'en'.poko'nya sukses buat dian dech.... Ojo lali en kita selalu bersusah payah bareng dari KP sampai panelitian kita selesai...*
4. *Temen-temen EB'02 ayo tetep semangat!!!!yang masih penelitian,,jangan buru-buru biar ng'gak ngulang,,yang gi nyusun laporan cepetan dunk selesein,,yang masih kuliah semangat aja yach.....*
5. *Temen-temen kos Zaroh (lala,yudha,riza,yuyun,afri,anjar alias jarwo) buat kalian semua, aku ga'tau mesti ngomong apalagi! Yang jelas terima kasih banyak.....kalian semua sahabat terbaik buat aku!Ma'af Lia sering ngerepoti kalian semua.kita kumpul lagi 2012 tgl 12 khan bo'?????*
6. *Temen-temen KKN di Sumber kidul,(nining,nuril,ima, yudi,deni,adi,mufid,iim)klo ke sumber ngasi kabar yach...C....U....*
7. *D.ferdian' (caayooo.....tetep semangat...yach)makasih kamu dach ngasi perhatian ke aku,,tapi ma'af ga' ada imbalan!!!ayo selesin Kp'nya biar cepet kelar....*
8. *mas iwan,,selaku koordinator laborat..makasih dah membantu dalam penyelesaian penelitianku!!Ma'af selalu ngerepotin dari mulai penelitian sampai selasai.*
9. *Semua comunitas yang ada dijogja yang telah membantu menunjang kelangsungan hidupku di jgj, terimakasih atas segalanya (Never Ending Jogja)*

Motto

Tuntutlah ilmu, sesungguhnya menuntut ilmu adalah pendekatan diri kepada ALLAH Azza wajalla, dan mengajarkannya kepada orang yang tidak mengetahuinya adalah sodaqoh. Sesungguhnya ilmu pengetahuan menempatkan orangnya dalam kedudukan terhormat dan mulia (tinggi). Ilmu pengetahuan adalah keindahan bagi ahlinya di dunia dan di akhirat (HR. Ar-rabii)

Apabila ALLAH memberikan kenikmatan kepada seseorang hendaknya, dia pergunakan pertama kali untuk dirinya dan keluarganya (HR.Muslim)

Sabar yang sebenarnya ialah sabar disaat bermula tertimpa musibah (HR.Al bukhari)

Paling kuat tali hubungan keimanan ialah cinta karena ALLAH dan Benci karena ALLAH. (HR.Athabrani)

Kegagalan adalah keberhasilan dan kesuksesan yang tertunda.....

"PENURUNAN KADAR CROMIUM (CR) DAN COD PADA LIMBAH CAIR LABORATORIUM UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA MENGGUNAKAN REAKTOR *ELEKTROLISIS DENGAN ELEKKTRODA ALUMUNIUM"*

Luqman Hakim[1)], Eko siswoyo[2)], Lia Riniptosari[3)]

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang penurunan Cr (cromium) dan COD Pada limbah cair Laboratorium kualitas air Universitas Islam Indonesia secara elektrolisis, penelitian ditujukan untuk mengetahui persen penurunan Cr (cromium) 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 cm^2. Optimasi arus elektrolisis dilakukan dengan variasi arus, 10 amper, 15 amper, dan 20 ampere, hasil optimasi selanjutnya digunakan untuk penentuan angka Cr (cromium) dan COD pada limbah dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120 menit.

Hasil penelitian menunjukan kadar Cr awal limbah 433,735 ppb kadar COD awal adalah 1953,735 mg/L. Efisiensi penurunan kadar Cr terbesar terjadi pada waktu kontak 120 menit dan arus 20 amper dan Efisiensi penurunan kadar COD terbesar terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan arus 10 amper. Variasi waktu arus dan waktu menjukkan bahwa semakin lama waktu yang digunakan maka akan semakin besar penurunan kadar Cr (cromium) dan COD. Penurunan kadar Cr (cromium) dan COD disebabkan oleh Elektrolisis dimana terjadi proses reduksi dan oksidasi.

Kata kunci: air limbah, elektrolisis, Cr (cromium) , 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 CROMIUM AND COD CONCENTRATION IN WATER QUALITY LABORATORY WASTEWATER ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA USING ELECTROLYSIS METHODE (ELEKTRODA IS ALUMINIUM)

Luqman Hakim[4], Eko siswoyo[5], Lia Riniptosari[6]

ABSTRACT

It has been done a research Cromium 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 electroliysis set (Contained of power supplay, volt meter, amperemeter, cathode (aluminium) and anode (aluminium) with electrode area of 1200 cm^2. the optimalization of electrolysis current was performed with current variation 10 ampere, 15 ampere, 15 ampere, the determine the Cromium and COD value in waste water by time variation of 30, 60, 90, 120 minutes Result of research showed that the beginning value of Cromium wast was 433,735 ppb and COD 1953,735 mg/L, decreasing Cromium concentration with the highets efficiency is 87.14%, that is happened at 120 minute and current 10 ampere, and decreasing COD concentration with the highets efficiency is 35.38% that is happened at 30 minute and current 10 ampere. The time and current variations showed that the longer the time used the bigger the percent reduce of Cromium and COD. The decreasing caused by electrolysis where there are happen reduction and oxidation Process.

Keyword: waste water, electroliysis, Cromium, *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.

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.....

1.2 Rumusan Masalah.....

1.3 Batasan masalah.....

1.4 Tujuan Penelitian.....

1.5 Manfaat Penelitian.....

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrolisis.....

2.2 COD.....

2.3. cromium.....

2.4 Potensial Elektroda Logam-logam Penting.....

2.5 Arus Listrik.....

2.6 Waktu Kontak.....

2.7 Landasan Teori.....

2.8 Hipotesis.....

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian.....

3.2. Objek Penelitian.....

3.3. Lokasi Penelitian.....

3.4 Variabel Penelitian.....

3.5 Tahap pelaksanaan percobaan

3.5.1 Bahan Penelitian.....

3.5.2 Alat yang digunakan dalam penelitian.....

3.6 Langkah Penelitian

3.6.1 Tahap Persiapan.....

3.6.2 Tahap Pelaksanaan Percobaan.....

3.6.3 Tahapan cara kerja.....

3.6.4 Analisis Data.....

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.....

4.1.2. Analisis Statistik

4.1.2.1 Uji Anova COD.....

4.1.2.2 Uji Anova Hg.....

4.2. Pembahasan

4.2.1 Penurunan kadar Hg.....

4.2.2 Penurunan kadar COD.....

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....

5.2. Saran.....

DAFTAR PUSTAKA.....

LAMPIRAN.....

DAFTAR TABEL

No **Keterangan**

Tabel 4.1. Hasil penelitian penurunan kadar Cr (ppb).....

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

Tabel 4.3 Hasil perhitungan Efisiensi Penurunan Kadar Cr.....

Tabel 4.4 Hasil perhitungan Efisiensi Penurunan Kadar COD.....

Tabel 4.5 Hasil uji anova subjects factors untuk COD.....

Tabel 4.6 Hasil uji anova subjects Effects untuk COD.....

Tabel 4.7 Hasil uji anova subjects factors untuk Cr.....

Tabel 4.8 Hasil uji anova subjects Effects untuk Cr.....

DAFTAR GAMBAR

No **Keterangan**

Gambar 2.1 Proses Elektrolisis.....

Gambar 3.1 Flowchart Tahap Penelitian.....

Gambar 3.2 Bak elektrolisi.....

Gambar 3.3 Plat Elektroda aluminium.....

Gambar 3.4 Reaktor Elektrolisis.....

Gambar 4.1 Grafik hubungan kadar Cr 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 Cr dan waktu kontak pada kuat arus.....

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

Gambar 4.5 Bagan fenomena yang terjadi pada proses elektrolisis.....

KATA PENGANTAR

Assalamualakum Wr. Wb

Alhamdullillahirabbil'alamin, atas rahmat dan petunjuk Allah. Penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **"PENURUNAN KADAR CROMIUM DAN COD PADA LIMBAH CAIR LABORATORIUM UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA MENGGUNAKAN REAKTOR ELEKTROLISIS DENGAN ELEKKTRODA ALUMUNIUM"**. Shalawat dan salam pada teladan terbaik, Rasulullah SAW dan keluarganya serta para sahabat. Dan semoga kita semua memperoleh syafaat beliau, Amin Allahhummaamin.

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, teman-teman semua yang senantiasa memberikan doa dan memberikan perhatian penuh hingga selesainya Tugas Akhir ini.
4. Lukman 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, Desember 2006

Penulis

BAB I
PENDAHULUAN

I.I Latar Belakang

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 kosentrasi 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 organic maupun anorganik. Bahan-bahan organik maupun anorganik. Bahan-bahan tersebut jika dibuang kebadan air maupun lingkungan disekitarnya akan menjadi kontaminan yang dapat menurunkan kualitas air dan lingkungan disekitar tempat limbah laboratorium tersebut dibuang.

Laboratorium adalah salah satu sarana penunjang kegiatan akademik yang digunakan untuk kegiatan praktikum dan menujang teori yang telah diberikan pada saat perkuliahan. Untuk lebih meningkatkan kualitas mahasiswanya, Universitas Islam Indonesia mendirikan laboratorium teknik lingkungan yang digunakan oleh mahasiswa teknik lingkungan. Kegiatan praktikum yang dilakukan sebagian besar menggunakan bahan kimia yang

sangat berbahaya bagi lingkungan apabila limbah yang dihasilkan tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang

Berdasarkan data yang diperoleh dari P3TM-BATAN, kosentrasi untuk parameter COD 45,00 ± 1,124 mg/L. Kosentrasi 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.

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 organic yang mengandung senyawa aromatic, selain itu limbah organic 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 tidak 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 kosentrasi rendah tidak dapat terdegradasi sampai habis.

Cara pengolahan limbah organic yang terbaru yaitu dengan menggunakan kombinasi oksidasi (dgn oksidator udara) tekanan dan suhu yang tinggi sekitar 374 - 600^{0}C dan tekanan 22,1– 3,0 Mpa , Cara ini dikenal

dengan cara SCWB (Superitical 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 organic dengan menggunakan mikroorganisme tetapi metode ini tidak dapat memuaskan untuk limbah yang mngandung 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, Elektolisis 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 dan sekaligus dapat berfungsi sebagai katalis.

Penelitian ini akan menguji metode untuk menurunkan COD, dan Cr 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 Cr sample yang akan diteliti adalah sample limbah laboratorium kualitas lingkungan Universitas Islam Indonesia.

I.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 Cr pada limbah?
b. Berapakah voltase dan waktu optimum pada metode penurunan COD, dan Cr secara elektolisis?

I.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

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

I.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

a. Memberikan salah satu alternatif teknologi dalam menurunkan kadar COD dan Cr 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 Cr yang terlalu tinggi pada Air limbah.

I.5. 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 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit,dan variasi kuat arus 0 Ampere, 10 Ampere, 15 Ampere, 20 Ampere . Dengan anoda (aluminium) dan katoda (aluminium)
b. Sumber air limbah yang digunakan adalah air limbah laboratorium Universitas Islam Indonesia, Yogjakarta.
c. Paramater yang diukur adalah COD dan Cr

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrolisis

Elektrolisis adalah peristiwa penguraian atau perubahan kimia senyawa tertentu jika di lewatkan muatan atau arus listrik melalui larutan elektrolit atau zat cair senyawa tersebut. Arus listrik di hantar melalui perpindahan ion-ion kation ke katoda dan anion ke anoda. Padanya terjadi pemisahan ion-ion suatu elektrolit karena pengaruh arus listrik sehingga berbentuk persenyawaan baru akibat jual beli elektron dari dan ke elektroda.

Cara menjalankan elektrolisis dengan menaikkan potensial lebih pada interval waktu tertentu dan reaksi di elektroda didominasi oleh transfer muatan, maka akan terjadi arus naik sebagai fungsi dari potensial lebih. Bila kenaikan potensial lebih tidak menaikkan arus maka proses reaksi didominasi oleh transfer masa.

Aplikasi elektrolisis untuk oksidasi atau reduksi senyawa organik seperti identifikasi limbah beracun, telah mengoksidasi fenol dengan menggunakan elektrolisis dan elektroda berpori. Elektroda yang di gunakan yaitu aluminium.

Pada elektrolisis air, ion-ion positif akan lari ke katoda dan ion-ion negatif bergerak ke anoda. Hendaknya di beri sedikit asam, basa, atau garam yang dapat larut agar larutanya sanggup menghantar listrik, sebab air murni nyaris sebagai medium konduktor.

$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$

Reaksi reduksi pada katoda :

$H^+ + e^- \rightarrow H\bullet$

$2H\bullet \rightarrow H_2\uparrow$

Reaksi oksidasi pada anoda :

$OH^- \rightarrow OH\bullet + e^-$

$2OH \rightarrow H_2 + O\bullet$

$2O\bullet \rightarrow O_2\uparrow$

Pentingnya suasana sistem yang di elektrolisis ditunjukkan elektrolisis NaCl pada berbagai keadaan. Reaksi yang terjadi jika larutan NaCl dielektrolisis menggunakan elektroda platina adalah :

Anoda : $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

Katoda : $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

Jika larutan cukup pekat, reaksi yang terjadi adalah :

Anoda : $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

Katoda : $2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2$

Jika leburan NaCl dielektrolisis maka reaksi pada elektroda adalah :

Anoda : $2Cl \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

Katoda : $Na^+ + e^- \rightarrow Na$

Jika larutan NaCl dielektrolisis digunakan reaksi sebagai katoda. Reaksi pada elektroda adalah :

Anoda : $2Cl \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

Katoda : $Na^+ + e^- \rightarrow Na$

Jumlah zat yang bereaksi pada elektroda –elektroda sel elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah arus yang melalui sel tersebut. Jika jumlah elektrolisis tertentu mengalir melalui beberapa sel elektrolisis, maka akan dihasilkan jumlah ekuivalen masing-masing zat.Dekomposisi atau peruaraian larutan elektrolisis orang melewatkan sejumlah arus listrik. Arus listrik yang melewati lartan tersebut akan menyebabkan terjadi reaksi elektrokimia, untuk terjadinya elektrolisis diperlukan suatu potensial lebih. Potensial lebih didefinisikan sebagai potensial ekstra yang diberikan kepada elektroda dinyatakan sebagai Ve dan potensial lebih sebagai η, maka hubungan potensial elektroda dan potensial lebih :

$$V = Ve + \eta \quad .....(1)$$

$$\eta = V - Ve \quad .....(2)$$

Dari persamaan (2) tersebut potensial lebih merupakan penyimpanan pengukuran dari potensial keseimbangan.

Dalam elektrolisis terjadi transfer massa dan transfer muatan :

a.Transfer muatan

Transfer muatan adalah peristiwa perpindahan elektron dari elektroda ke larutan atau sebaliknya. (Bard 1980).

b. Transfer massa

Apabila kecepatan transfer elektron jauh lebh cepat daripada pergerakan ion-ionnya untuk sampai pada elektrodanya maka dapat dipastikan bahwa kecepatan reaksi sangat tergantung pada trnsder massanya

Transfer massa atau perpindahan materi dibedakan menjadi tiga golongan.

1. perpindahan secara migrasi

   materi bermuat yang dipindahkan ditimbulkan oleh adanya gaya tatik-menarik elektrostatik antara anion dan kation, dengan demikian kation akan menuju katoda sebaliknya anion akan menuju anoda.

2. perpindahan secara konveksi

   pemberian panas dan pengadukan dapat memindahkan materi bermuatan dari satu tempat ke tempat yang lain.

3. perpindahan secara divusi

   perpindahan materi bermuatan di dasarkan adanya perbedaan gradien konsentrasi dari yang lebih rapat (pekat) ke daerah yang lebih renggang (encer) atau ion dari larutan ke elektroda karena adanya gradien konsentrasi (Bard 1980). Banyaknya ion yang berpindah per detik dalam satuan luas tertentu sebanding dengan gradien konsentrasi, hal ini dirumuskan dalam hukum Fick's I yang dinyatakan dalam persamaan : $-dQ/dt = D\ dc/dx$.

   Keterangan :

   dQ/dt = kecepatan difusi ion elektroda dalam satuan mol $m^{-2}s^{-1}$.

   D = sebagai koefisien difusi dalam satuan mol $m^{-2}s^{-1}$.

   dc/dx = sebagai gradien konsentrasi dengan satuan mol m^{-4}.

Metode elektrolisis adalah arus listrik yang dilewatkan dalam larutan elektrolit mengakibatkan terjadinya perubahan kimia dalam larutan. Hubungan arus listrik dan banyaknya zat yang mengalami perubahan dinyatakan dalam hukum Faraday. I dinyatakan jumlah zat yang dihasilkan pada elektroda sebanding dengan jumlah listrik yang digunakan.

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 arus listrik. Pada reaksi ini terjadi pergerakkan dari ion-ion yaitu ion positif bergerak menuju katoda sedangkan yang bermuatan negatif dan ion-ion ini disebut kation (bermuatan piositif) 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 arus 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 penggunaanya

2.2 COD (chemical Oxygen Demand)

COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar di degradasi. Bahan buangan organik tersebut akan dioksidasi oleh dikromat yang di gunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion *chrom*. Reaksinya sebagai berikut:

$$\mathbf{CaHbOc + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \rightarrow CO_2 + H_2O + Cr^{3+}}$$

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat maupun tidak dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (alaerts and sumestri, 1984).

Perairan dengan nilai COD tinggi tidak di inginkan 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.

Nilai COD merupakan satu bilangan yang dapat menunjukkan banyaknya oksigen yang di perlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi CO_2 dan air dengan perantara oksidan kuat dalam suasana asam.

Beberapa bahan organik tertentu yang terdapat pada air limbah " kebal " terhadap degradasi biologis dan ada beberapa diantaranya yang beracun meskipun pada kosentrasi yang renda. 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) *(Cheremisionoff and Ellerbusch, 1978)*

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

Kadar COD dalam air limbah berkurang seiring dengan berkurangnya konsentrasi bahan organik yang terdapat dalam air limbah, kosentrasi 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 organis yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Alaerts dan Sumestri, 1984) oleh karena itu kosentrasi COD dalam air harus memenuhi ambang batas yang ditentukan.

2.3.Chromium (Cr).

Kromium berasal dari bahasa Yunani yaitu *chroma* yang berarti warna. Logam kromium ditemukan pertama kali oleh Nicolas-Louis Vaqueline (1763-1829), seorang ahli kimia prancis pada tahun 1797. logam ini merupakan logam kristalin yang berwarna putih keabu-abuan dan tidak begitu liat.

Salah satu logam transisi yang penting adalah kromium (Cr). Sepuhan kromium *(chrome plating)* banyak digunakan pada peralatan sehari-hari, pada mobil dan sebagainya, karena lapisan kromium ini sangat indah, keras dan melindungi logam lain dari korosi. Kromium juga penting dalam paduan logam dan digunakan dalam pembuatan *"stainless steel"*. (Achmad, Hiskia, 1992).

Senyawa kromium mempunyai warna yang sangat menarik dan digunakan sebagai pigmen seperti kuning khrom (timbal(II)kromat) dan hijau krom (kromium(III)oksida). Kromium dalam keadaan murni melarut dengan lambat sekali dalam asam encer membentuk garam kromium (II).

Kromium (Cr) termasuk unsur yang jarang ditemukan pada periran alami. Kerak bumi mengandung kromium sekitar 100 mg/kg (Moore,1991). Kromium yang ditemukan diperairan adalah kromium trivalen (Cr^{3+}) dan kromium heksavalen (Cr^{6+}); namun, pada perairan yang memiliki pH lebih dari 5, kromium trivalent tidak ditemukan. Apabila masuk ke perairan, kromium trivalen akan dioksidasi menjadi kromium heksavalen yang lebih toksik. Kromium trivalent biasanya tetap berada dalam bentuk larutan.

Kromium tidak pernah ditemukan dai alam sebagai logam murni. Sumber alami kromium sangat sedikit, yaitu batuan *chromite* ($FeCr_2O_4$) dan *chromic oxide* (Cr_2O_3) (Novotny dan Olem, 1994). Garam-garam kromium digunakan dalam industri besi baja, cat, bahan celupan *(dyes),* bahan peledak, tekstil, kertas, keramik, gelas, fotografi, sebagai penghambat korosi, dan sebagai campuran Lumpur pengeboran *(drilling mud).*

Kromium trivalen merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan dan hewan, sedangkan kromium heksavalen bersifat toksik (Nas, 1997 dalam *Canadian Council of Resource and Environment Minister).* Keracunan kromium dapat mengganggu fungsi hati, ginjal, pernapasan dan mengakibatkan terjadinya kerusakan kulit.

Kadar kromium maksimum yang diperkenankan bagi kepentingan air minum adalah 0,05 mg/ltr (Sawyer dan McCarty, 1978). Kadar kromium pada perairan tawar biasanya kurang dari 0,001 mg/ltr dan pada perairan laut sekitar 0,00005 mg/ltr. Kromium trivalent biasanya tidak ditemukan pada perairan tawar,

sedangkan pada perairan laut 50% kromium merupakan kromium trivalent (McNeely *et al*, 1979).

Garam-garam kromium yang masuk ke dalam tubuh manusia akan segera dikeluarkan oleh tubuh. Akan tetapi, jika kadar kromium tersebut cukup besar, akan mengakibatkan kerusakan pada system pencernaan. Kadar kromium yang diperkenankan pada air minum adalah 0,05 mg/ltr (Davis dan Cornwell, 1991). Toksisitas kromium dipengaruhi oleh bentuk oksidasi kromium, sushu, dan pH. Kadar kromium yang diperlirakan aman bagi kehidupan akuatik adalah sekitar 0,05 mg/ltr (Moore, 1991). Kadar kromium 0,1 mg/ltr dianggap berbahaya bagi kehidupan organisme laut.

Toksisitas kromium (EC_{20}) terhadap *Lenna minor* adalah 35 mg/ltr sedangkan nilai LC_{50} terhadap *Daphnia magna* adalah 0,015-0,023 mg/ltr dan terhadap ikan-ikan air tawar berkisar antara 0,015-0,10 mg/ltr (Moore, 1991). Pada perairan yang lunak *(soft)* atau kurang sadah, toksisitas kromium lebih tinggi.

Fitoplankton lebih sensitive terhadap kromium daripada ikan. Kadar kromium sebesar $2\,\mu$g/ltr dapat menghambat pertumbuhan mikroalgae. *Microcystyc aeruginosa*, dan kadar kromium sebesar $20\,\mu$g/ltr dapat menghambat pertumbuhan *Chlorella pyrenoidosa* dan *Clamydomonas reinhardii (Canadian Council of Resource and Environment Minister, 1987)*

Berdasarkan sifat kromium dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.3 : Beberapa sifat fisik logam kromium

Lambang	Cr
Nomor atom	24
Massa atom reltive (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 (^{0}C)	1890
Titik didih (^{0}C)	2475
Bilangan oksidasi	2, 3, 6
Potensial elektroda (V)	
$M2^{+}_{(ag)} + 2e \longrightarrow M_{(s)}$	-0,56
$M^{3+}_{(ag)} + e \longrightarrow M^{2+}_{(ag)}$	-0,41

(sumber : Achmad. H, 1992 kimia unsur dan radio kimia)

Dalam bidang industri, kromium diperlukan dalam dua bentuk, yaitu kromium murni, dan aliasi besi-kromium yang disebut ferokromium sedangkan logam kromium murni tidak pernah ditemukan di alam. Logam ini ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain. Sebagai bahan mineral kromium banyak ditemukan dalam bentuk *Chromite* ($FeOCr_2O_3$).

Kadang-kadang pada bahan mineral chromite juga ditemukan logam-logam magnesium (mg), Aluminium (Al) dan senyawa silikat (SiO_2). Logam-logam dan senyawa silikat tersebut dalam mineral *Chromite* bukan merupakan penyusun *Chromite* tetapi berperan sebagai pengotor *(impurities)*.

Berdasarkan sifat-sifat kimianya, logam kromium dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi +2, +3 dan +6. Logam ini tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab, bahkan pada proses pemanasan, cairan logam teroksidasi dalam jumlah yang sangat sedikit, akan tetapi dalam udara yang mengandung karbondioksida (CO_2) dalam konsentrasi tinggi, Logam Cr dapat mengalami peristiwa oksidasi dan membentuk Cr_2O_3. Kromium merupakan logam yang sangat mudah bereaksi. Logam ini secara langsung dapat bereaksi dengan hidrogen, karbon, silika dan boron (Palar, 1994).

Senyawa-senyawa yang dapat dibentuk oleh kromium mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan valensi yang dimilikinya. Senyawa yang terbentuk dari logam Cr^{2+} akan bersifat basa, dalam larutan air kromium (II) adalah reduktor kuat dan mudah dioksidasi di udara menjadi senyawa kromium (III) dengan reaksi :

$$2\ Cr^{2+}(aq) + 4H + (aq) + O_2(g) \longrightarrow 2\ Cr^{3+}(aq) + 2\ H_2O(l)$$

Senyawa yang terbentuk dari ion kromium (III) atau Cr^{3+} bersifat amforter dan merupakan ion yang paling stabil di antara kation logam transisi yang lainnya serta dalam larutan, ion ini terdapat sebagai $[Cr(H_2O)_6]^{+3}$ yang berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam. Cr^{3+} dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. Khrom hidroksida ini tidak terlarut dalam

air pada kondisi pH optimal 8.5 – 9.5 akan tetapi akan melarut lebih tinggi pada kondisi pH rendah atau asam. Cr $^{6+}$ sulit mengendap, sehingga dalam penanganannya diperlukan zat pereduksi dari Cr $^{6+}$ menjadi Cr $^{3+}$ (Palar,1994).

Kromium dengan bilangan oksidasi +6 mudah membentuk senyawa oksidator dengan unsur lain karena memiliki sifat oksidasi yang kuat, maka Cr $^{6+}$ mudah tereduksi menjadi Cr $^{3+}$ dan kromium (VI) kebanyakan bersifat asam.

2.3.1.Kegunaaan khrom (Cr) dalam lingkungan

Khromium telah di manfaatkan secara luas dalam kehidupan manusia. Dalam industri matalurgi, logam ini banyak digunakan dalam penyepuhan logam (*chromium planting*) yang memberikan dua sifat, yaitu dekoratif dan sifat kekerasan yang mana chromium planting ini banyak di gunakan pada macam-macam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai ke alat transportasi (Breck W.G and Brown, R C, 1997)

Khromium dapat pula di gunakan dalam alat penganalisa nafas, yang mana alat ini digunakan oleh polisi untuk menangkap peminum alkohol yang mengemudi mobil. Dalam bidang kesehatan, khromium dapat digunakan sebagai orthopedi, radioisotop khromium dalam bentuk Cr 51 yang dapat menghasilkan sinar gamma digunakan untuk penandaan sel-sel darah merah serta sebagai penjinak tumor tertentu (palar, 1994). Dalam industri kimia khrom digunakan :

1. cat pigmen (dying), dapat berwarna merah, kuning, orange, dan hijau.

2. elektroplating
3. penyamakan kulit
4. treatment woll

Dari aktivitas atau kegiatan di atas merupakan kontributor atau sumber utama terjadinya pencemaran khrom ke air dan limbah padat dari sisa proses praktikum pada laboratorium lingkungan, dan dapat juga menjadi sumber kontaminasi air tanah.

2.3.1. Keracunan Khromium

Sebagai logam berat, Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh logam Cr di tentukan oleh valensi ionnya. Logam Cr (VI) merupakan bentuk yang paling banyak di pelajari sifat racunya, dibandingkan ion-ion Cr (II) dan Cr (III). Sifat racun yang di bawa logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis.

Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa $K_3Cr_2O_7$ pada manusia ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati. Tingkat keracunan Cr pada manusia di ukur melalui kadar atau kandungan Cr dalam urine, kristal asam kromat yang sering digunakan sebagai obat untuk kulit, akan tetapi penggunaan senyawa tersebut seringkali mengakibatkan keracunan yang fatal.(palar,1994). Dampak kelebihan Cr pada tubuh akan terjadi pada kulit, saluran pernafasan, ginjal, dan hati. Efek pada kulit

disebabkan karena asam kromit, dikromat dan Cr (VI), disamping irit, kuat juga.

Pengaruh terhadap pernafasan yaitu iritasi paru-paru akibat menghirup debu Crom dalam jangka panjang dan mempunyai efek juga terhadap iritasi kronis. Gejala lain dari keracunan akut Cr (VI) adalah vertigo, haus, muntah, shock, koma dan mati. Kromium merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, karena dapat cepat merusak protein.

Kontaminan logam kromium dapat terjadi melalui:

1. Penghisapan udara tercemar

   Dengan menghisap udara yang tercemar khromium akan mengakibatkan peradangan dan kanker paru-paru. Pengaruh gangguan pada pernafasan yaitu iritasi akibat menghirup udara khrom (Cr) dalam jangka panjang dan mempunyai efek juga terhadap irtitasi kronis. Pada pekerja *chrome planting.*

2. Kontak langsung

   Bisul merupakan salah satu ciri luka yang diakibatkan oleh kontak dengan kromat pada kulit, dan luka akan membengkak bernanah selama beberapa minggu. Selain itu, karakter luka kontak dengan khromat dapat pula luka pada lubang hidung, lalu merambat ke selaput lendir sehingga saluran pernafasan akan terganggu.

3. Makanan dan Minuman

khromium yang masuk ke dalam jaringan tubuh melalui air minum akan tertimbun di lever, limpa dan ginjal secara bersamaan, dalam waktu yang panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker.

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^o negatif
   Logam- logam yang berada disebelah kanan H memiliki E^o positif

2. Makin kekanan letak suatu logam dalam deret volta, harga E^o 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^o 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 sumber listrik yang dapat memberikan arus listrik secara

konstan terhadap waktu. Sehingga disebut searah karena medianya selalu sama meskipun besarnya berubah-ubah (Johannes,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 1 ampere. Banyak zat yang dihasilkan dari reaksi elektrolisis sebanding dengan banyaknya zat yang dihasilkan dari reaksi elektrolisis sebanding dengan banyaknya arus listrik yang dialirkan kedalam larutan, Hal ini dapat digambarkan dengan hukum

Faraday I :

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

W = massa zat yang dihasilkan

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

i = Arus dalam ampere

t = Waktu dalam satuan detik

F = Tetap faraday dimana 1 faraday = 96500 Coulomb

i.t = Arus dalam satuan coulomb

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

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

Grek adalah mol elektron dari suatu reaksi, yang sama dengan perubahan bilangan oksidasi 1 mol zat. Maka dari rumus diatas 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, sedangkan $e = \frac{A.i.t}{n.F}$

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 Crom pada elektroda semakin banyak sehingga COD, dan Crom 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 Crom pada limbah cair, karena proses pengolahan ini dapat mereduksi logam 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, Elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi disebut katoda sedangkan tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda (Johannes, 1978)

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 Crom.

2.8. Hipotesis

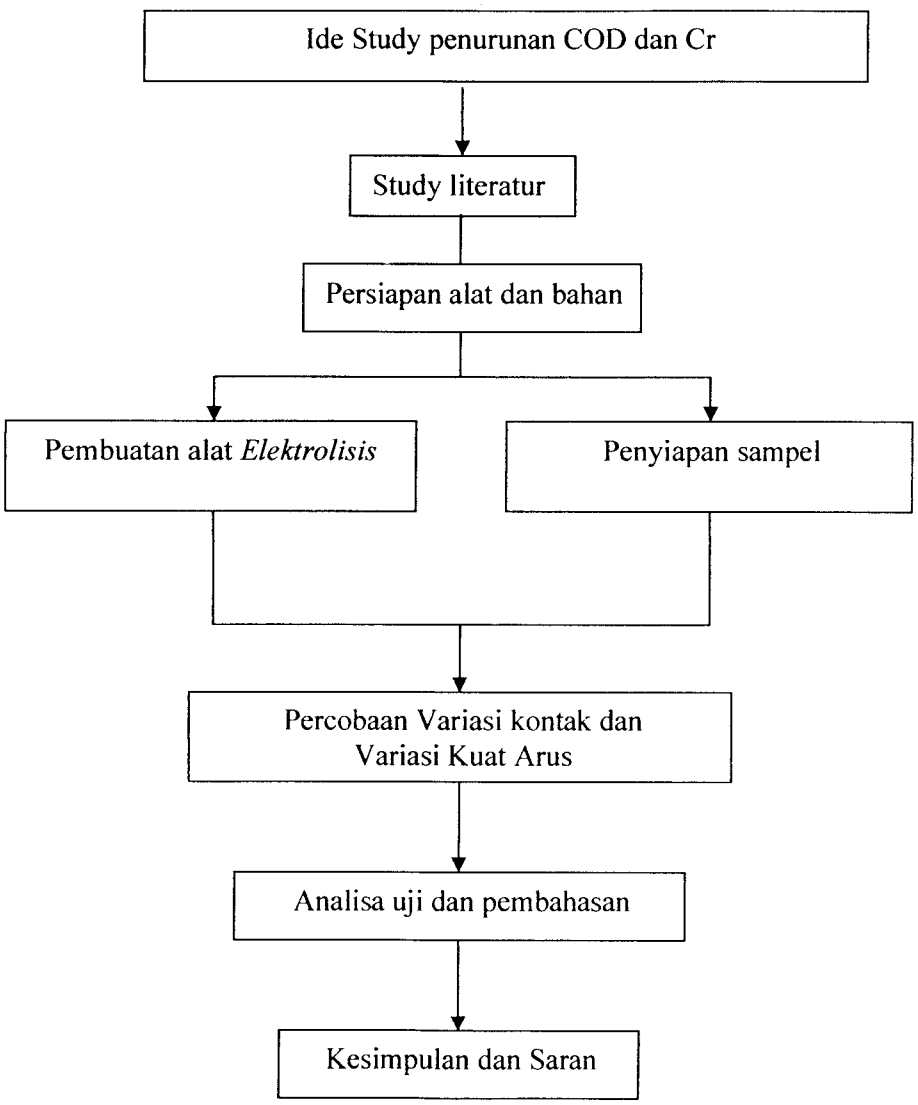
Berdasarkan perumusan masalah, tujuan penelitian dan landasan teori diatas dapat dikemukakan hipotesis sebagai berikut:

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

. 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 Cr.

3.2. Objek Penelitian

Sebagai objek penelitian ini adalah COD dan Cr 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*)

   Pengolahan dengan metode elektrolisis dengan variasi waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit,dan variasi kuat arus 0 Ampere, 10Ampere, 15 Ampere, 20 Ampere dengan tegangan 12 volt

2. Variabel terikat *(dependent Variable)*

   Kadar COD dan Crom dalam limbah Laboratorium 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. Adaptor 1A, 3A, dan 5A
7. Plat Stainless
8. Multimeter
9. Pipet 25 ml
10. Karet Hisap
11. Gayung

3.6 Langkah Penelitian

3.6.1 Tahap Persiapan

1. Pengambilan sampel awal

   Pengamabilan sampel awal dilakukan secara acak dari laboratorium lingkungan universitas islam indonesia yang mengandunng kadar kromium (Cr) yang tinggi.

2. Pengambilan sampel limbah untuk mengetahui efisiensi pengolahan

a. Sebelum Pengolahan : Limbah dari Laboratorium lingkungan mengandung kadar krom yang tinggi.

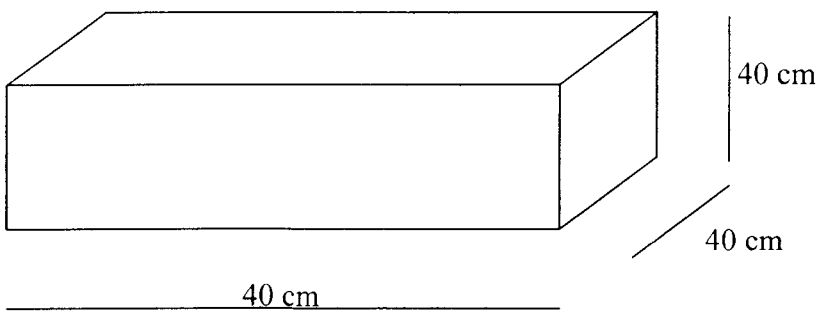
b. Setelah Filtrasi : Limbah yang dihasilkan setelah melalui percobaan yang diambil dari effluen unit filtrasi

3.6.2 Tahap Pelaksanaan Percobaan

Tahap Prapenelitian sebagai berikut :

1. Merancang Reaktor elektrolisis

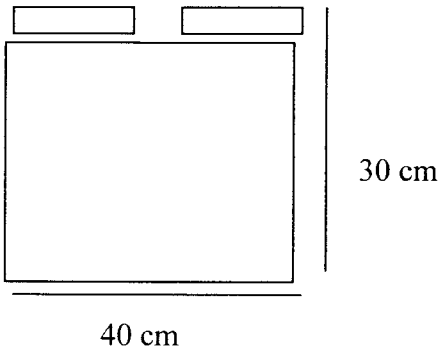
Bak mempunyai dimensi terdiri dari panjang 20 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm. Bak ini terbuat dari fiber glass dengan tebal 0,3 cm. Penelitian proses elektrolisis ini dilakukan dengan menggunakan sistem aliran kontinyu.



Gambar 4.2 Bak elektrolisis

2. Pembuatan elektroda katoda dan anoda

Elektroda dari bahan aluminium yang berjumlah 6 buah yang dialiri arus listrik searah dan disusun berjajar vertikal. Ukuran elektroda terdiri dari tebal 1 mm, tinggi 15 cm dan lebar 15 cm, jarak antar anoda dan katoda 2 cm.

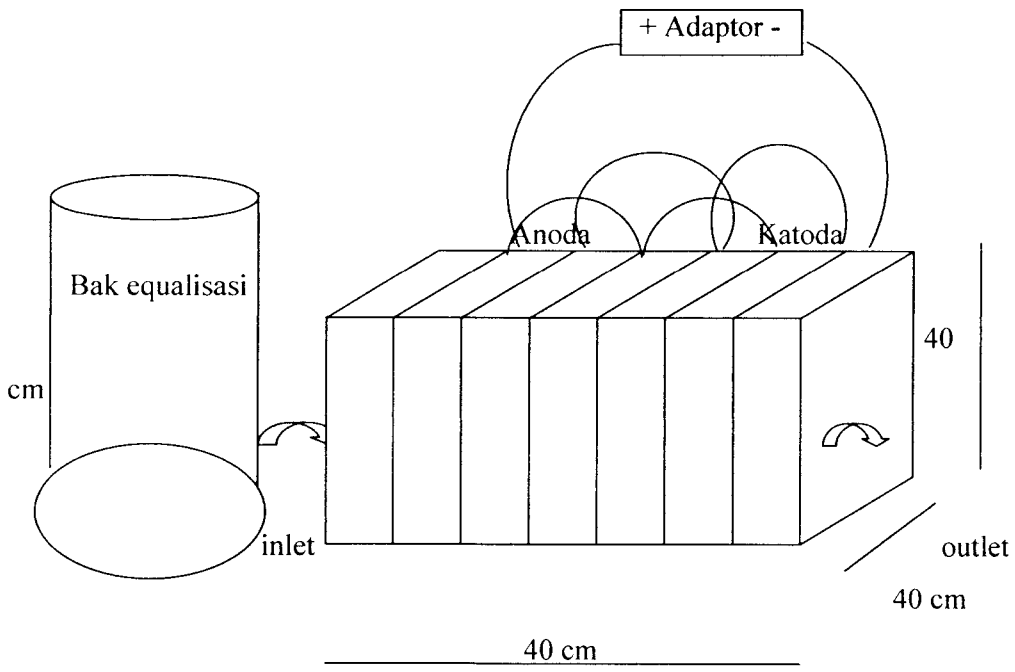


Gambar 4.3 *Plat Elektroda Aluminium*

4.6.3 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 4,5 liter
5. Mengatur debit outlet dari bak equalisasi dan outlet bak proses, untuk detensi waktu 50 menit debitnya 45 ml per menit, 100 menit debitnya 37,5 ml per menit, 150 menit debitnya 32,14 ml per menit, dengan cara menampungaliran outlet pada gelas ukur disertai menghidupkan stop watch hingga didapatkan volume dan waktu yang diinginkan
6. Mengambil sampel untuk pemeriksaan Ag untuk 0 waktu dan 0 Ampere
7. Menghubungkan arus 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 50 menit, 100 menit, dan 150 menit dengan kuat arus 1 ampere

9. Effluen hasil pengolahan 1 Ampere tersebut ditampung dalam botol plastik sebanyak 25 ml setelah waktu kontak 50 menit, 100 menit, dan 150 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 3 Ampere dan 5 Ampere serta waktu kontaknya dilakukan dengan langkah yang sama seperti 1 Ampere
12. Air sampel diperiksa kadar COD dan Cromnya



Bak elektrolisis

Gambar 4.4 *Proses Elektrolisis*

4.5.2 Analisis Data

Limbah cair dari laboratorium sebelum dan sesudah proses elektrolisis dengan menggunakan alat AAS kemudian dibandingkan, dari hasil analisis akan dapat diketahui berapa besar penurunan kandungan COD dan Crom setelah dilakukan pengolahan dengan metode elektrolisis. Tingkat efisiensi proses elektrolisis dinyatakan dengan nilai sebelum dan sesudah proses, seperti rumus dibawah ini

Perhitungan efisiensi :

$$E = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \times 100\% \quad \text{.....(4)}$$

Dimana :

E = Efisiensi

S_1 = Kadar COD atau Crom sebelum *treatment*

S_2 = Kadar COD atau Crom sesudah *treatment*

Setelah itu,data yang telah diperoleh akan diolah dengan uji statistik, menggunakan uji *Anova* satu jalur,dengan rumus sebagai berikut:

$$\hat{y}_i = a + bx_i$$

Dimana : $\hat{y}_i$ = Kadar Kekeruhan atau *TDS*

x_i = Ketinggian (cm)

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

(Disini $\bar{x}$ *dan* $\bar{y}$ berturut – turut adalah mean dari { x_i } dan { y_i }).

Pembuatan Tabel Anova satu jalur yaitu :

$$SSR = \sum_{i=1}^{n} (\hat{y}_i - \bar{y})^2$$

$$SSE = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2$$

$$Ssyy = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2$$

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil penelitian

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

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

Pada penelitian ini, kosentrasi awal limbah cair Laboratorium kualitas air untuk Cromium sebesar 433,735 ppb, dan untuk COD sebesar 1953,735 mg/l, elektroda yang digunakan dalam bak elektrolisis ini adalah alumunium 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 menunjukan penurunan kadar Cr dan COD yang fluktuatif seperti disajikan dengan tabel dibawah ini:

Tabel.4.1 Hasil penelitian penurunan kadar COD (mg/L)

Kuat Arus	waktu kontak (menit					jumlah	rata-rata
(Amper)	0	30	60	90	120		
0	1953,226	1953.226	1953,226	1953,226	1953,226	9766,130	1953,226
	1953,226	1953,735	1953,735	1953,735	1953,735	9768,675	1953,735
10	1953,226	1262,918	1949,665	1909,987	1951,7	9027,496	1805,499
	1953,735	1262,41	1949,665	1908,968	1950,7	9025,478	1805,096
15	2196,386	1854,029	1916,6	1910,495	1891,673	9769,183	1953,837
	2193,842	1854,538	1917,108	1910,495	1891,673	9767,656	1953,531
20	1910,495	1670,388	1770,094	1776,198	1796,037	8923,212	1784,642
	1911,004	1671,408	1772,129	1776,707	1798,581	8929,829	1785,966
jumlah	16025,65	13482,65	15182,22	15099,81	15187,33		
rata-rata	4006,412	3370,663	3795,556	3774,953	3796,831		

Sumber: data Primer,2006

Tabel.4.2 Hasil penelitian penurunan kadar Crom (ppb)

Kuat Arus	waktu kontak (menit)					jumlah	rata-rata
(Amper)	0	30	60	90	120		
0	433,735	433,735	433,735	433,735	433,735	2168,675	433,735
	433,735	433,735	433,735	433,735	433,735	2168,675	433,735
10	433,735	92,905	116,814	125,462	147,336	916,252	183,25
	433,735	89,853	116,814	124,444	147,336	912,182	182,43
15	433,735	129,023	99.009	115,797	92,905	870,469	174,093
	433,735	129,023	99.009	115,288	92,905	869,96	173,99
20	433,735	90,284	65.944	62,892	57,296	710.151	142,03
	433,735	90,284	65.435	61,874	55,77	707,098	141,419

Sumber: data Primer,2006

Pada Tabel 4.1 terlihat adanya penurunan kadar Cr dalam limbah cair Laboratorium kualitas air dengan variasi kuat arus maupun variasi waktu kontak .dapat dilihat bahwa penurunan kadar Cr terbesar terjadi pada kuat arus 20 ampere dengan waktu kontak 120 menit, dengan penurunan dari 433,735 ppb menjadi 55,77 ppb, Sedangkan pada Tabel 4.2 Pada terlihat adanya penurunan kadar COD dalam limbah cair Laboratorium kualitas air dengan variasi kuat arus maupun variasi waktu kontak .dapat dilihat bahwa penurunan kadar COD terbesar terjadi pada kuat arus 10 ampere dengan waktu kontak 30 menit, dari kadar 1953,735 mg/l menjadi 1262,41mg/l.

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

Tabel 4.3 Hasil perhitungan Efisiensi Penurunan Kadar Cr

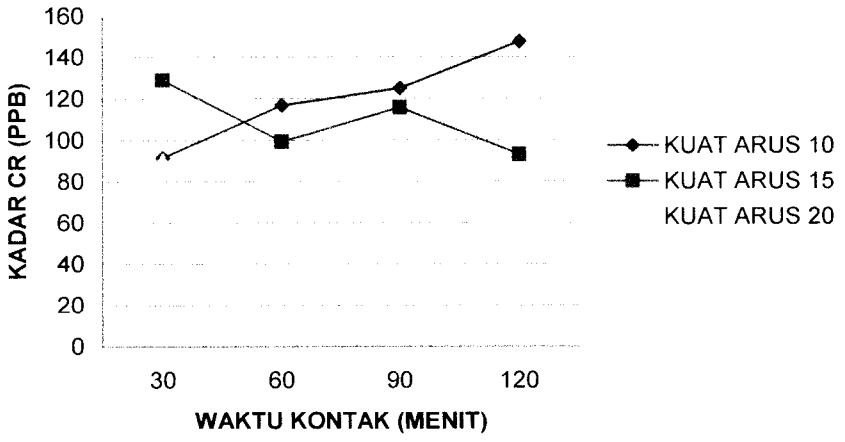
Kuat arus (amper)	waktu kontak (menit)	Kadar Cr sebelum perlakuan (ppb)	Kadar cr sesudah perlakuan (ppb)	Efisiensi penurunan kadar cr (%)
10	30	433.735	91.379	78.93
	60	433.735	116.814	71.19
	90	433.735	124.953	66.03
	120	433.735	147.336	70.25
15	30	433.735	129.023	77.11
	90	433.735	115.5425	78.58
	120	433.735	92.905	79.18
20	30	433.735	90.284	84.91
	60	433.735	65.435	85.62
	90	433.735	62.383	86.97
	120	433.735	56.533	86.97

Tabel 4.3 Hasil perhitungan Efisiensi Penurunan Kadar COD

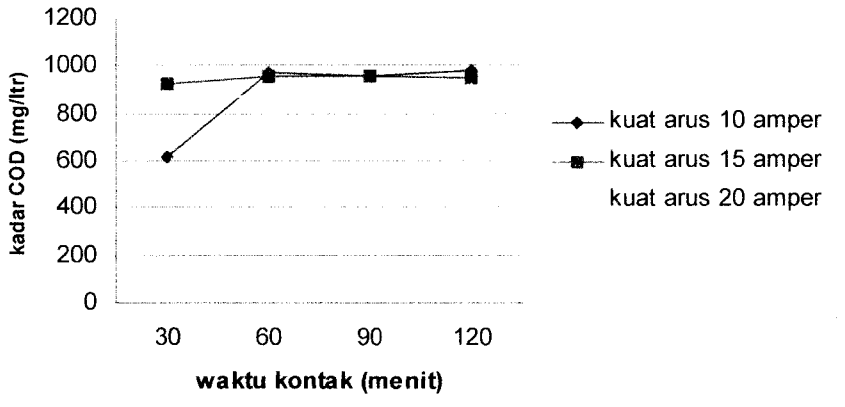
Kuat arus (amper)	waktu kontak (menit)	Kadar COD sebelum perlakuan (ppb)	Kadar COD sesudah perlakuan (ppb)	Efisiensi penurunan kadar COD (%)
10	30	976.613	613.459	37.19
	60	1131.513	974.8325	15.60
	90	1099.719	954.9935	11.26
	120	1137.872	975.85	18.53
15	30	1098.193	927.0145	12.74
	60	1119.304	958.3	14.66
	90	1223.588	955.2475	22.70
	120	1218.247	945.8365	31.44
20	30	955.2475	835.194	7.35
	60	953.467	885.047	6.86
	90	971.7805	888.099	7.59
	120	986.2785	898.0185	8.95

Pada Tabel 4.3 terlihat bahwa prosentase penurunan kadar Crom tertinggi terjadi pada waktu kontak 120 menit dengan kuat arus 20 ampere yang mencapai 86,97 %. dan Pada Tabel 4.4 terlihat bahwa prosentase penurunan kadar COD tertinggi terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan kuat arus 10 ampere yang mencapai 37,19 %.

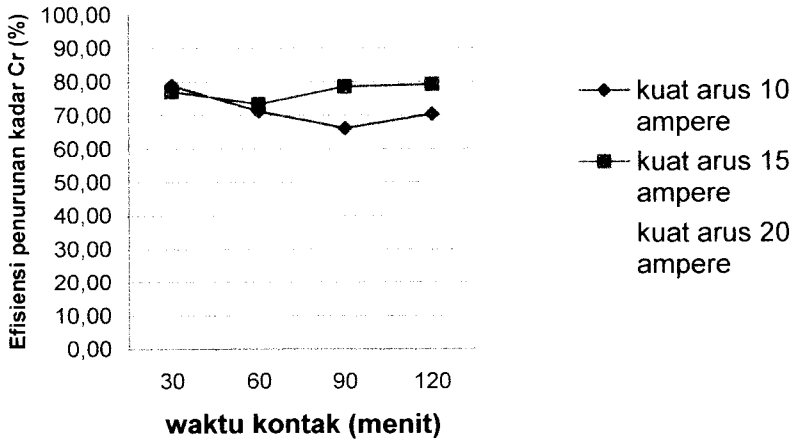
Kemudian hasil pengamatan pada Tabel 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4 disajikan dalam bentuk grafik pada gambar berikut ini:



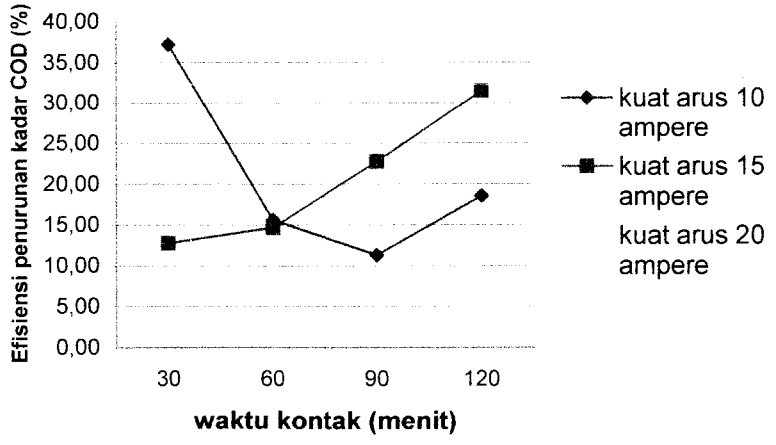
Gambar 4.1. Hubungan kadar Cr dengan variasi waktu kontak pada kuat arus



Gambar 4.2. Hubungan kadar COD dengan variasi waktu kontak pada kuat arus



Gambar 4.3. Hubungan efisiensi penurunan kadar Cr dengan waktu kontak pada kuat arus



Gambar 4.4. Hubungan efisiensi penurunan kadar COD dengan waktu kontak pada kuat arus

4.1.2 Uji statistic Cr (cromium)

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

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: EVISIENSI

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

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

Terlihat bahwa F hitung adalah 0.486 dengan probabilitas .000. Oleh karena probabilitas < 0,05, maka Ho ditolak artinya ada interaksi antara waktu dan kuat arus, sehingga mempengaruhi penurunan kadar Cr pada limbah

4.1.3 Uji statistik 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,

Ho = tidak ada interaksi antara waktu dan kuat arus

H1 = Ada interaksi antara waktu dan kuat arus

Pengambilan keputusan

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan nilai probabilitas

- Jika probabilitas > 0.05, Ho diterima
- Jika probabilitas < 0.05, Ho 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

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)

Terlihat bahwa F hitung adalah 9747.543 dengan probabilitas 0.000. Oleh karena probabilitas < 0,05, maka Ho ditolak artinya ada interaksi antara waktu dan kuat arus, sehingga mempengaruhi penurunan kadar COD pada limbah.

4.2. Pembahasan

4.2.1 Penurunan kadar Cr

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadinya penurunan kadar Cr yang bervariasi pada limbah tersebut, setelah pengolahan dengan proses elektrolisis. kadar Cr mengalami penurunan, terlihat bahwa prosentase penurunan kadar Cr tertinggi terjadi pada waktu kontak 120 menit dengan kuat arus 20 ampere yang mencapai 86,97 %. Sedangkan penurunan terendah terjadi pada

waktu kontak 90 menit dan pada arus 10 amper sebesar 66,03 %, penurunan kosentrasi Cr 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 Cromium (Cr^{+}) dan akan terbentuk logam Cr, hal ini dapat terjadi, sehingga reaksi yang terjadi pada katoda sebagai berikut:

$$Cr^{2+} + 2e \longrightarrow Cr$$

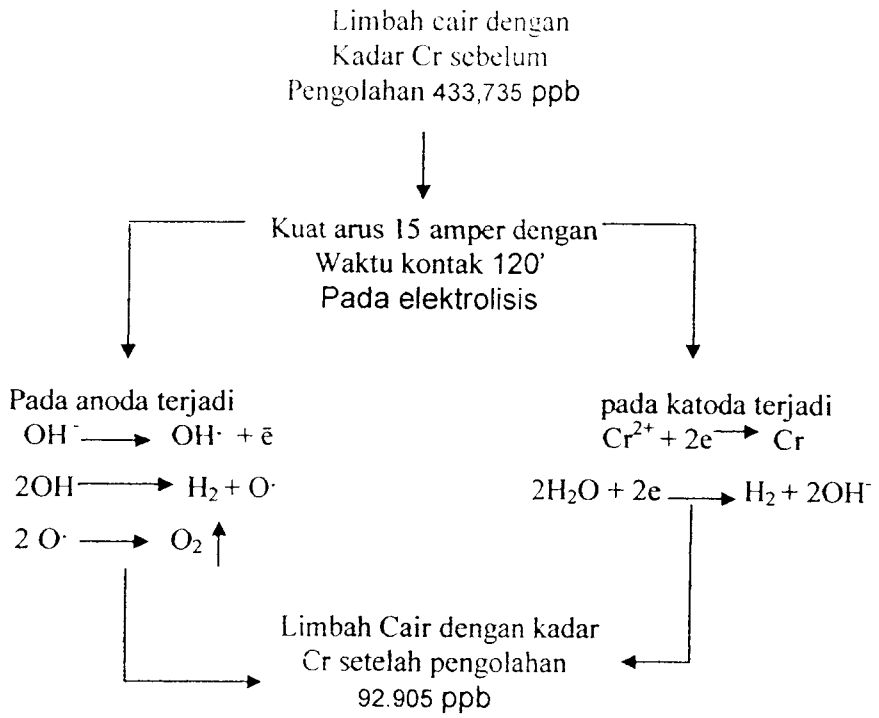
$$2H_2O + 2e \longrightarrow H_2 + 2OH^-$$

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 kotada
- 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 elektolisis 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 Cr tidak terjadi beraturan pada arus yang paling besar kemudian ke arus paling kecil, 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, 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 Cr 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 Cr oleh katoda cenderung kecil dan turun (Saadi 1995). Mengingat pH limbah laborotorium Universitas Islam Indonesia yaitu hanya berkisar 2, maka reduksi Cr tidak berlangsung maksimal.

4.2.2 Penurunan kadar COD

Pada tabel dan grafik hasil penurunan COD terlihat bahwa prosentase penurunan kadar COD tertinggi terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan kuat arus 10 ampere, yang mencapai efisiensi penurunan 37,19 %. dari kadar 1953,735 mg/l menjadi 1262,41mg/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 (O_2)

Pada anoda OH^- dilepaskan dan bereaksi dengan H_2O , Sehinnga akan terbentuk O_2

Pada anoda terjadi

$$OH^- \longrightarrow OH\cdot + \bar{e}$$

$$2OH\cdot \longrightarrow H_2 + O\cdot$$

$$2\,O\cdot \longrightarrow O_2 \uparrow$$

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. Dengan uji statistik anava membuktikan bahwa adanya interaksi antara waktu dan kuat arus, sehingga mempengaruhi penurunan kadar COD pada limbah.

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 keadaan asam akan terjadi penurunan kadar COD yang akan ditunjukkan pada perubahan fisik limbah yaitu terjadinya perubahan warna limbah tersebut, Sedangkan untuk peningkatan konsentrasi COD itu dikarenakan adanya gangguan yang terjadi terhadap proses pengoksidasian, Seperti pH berubah menjadi asam, tersendatnya pemompaan akibat adanya flok dari bak equalisasi.

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 dikhromat.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Prosentase penurunan kadar Cr tertinggi terjadi pada waktu kontak 120 menit dengan kuat arus 20 ampere yang mencapai 87,14%, dan prosentase penurunan kadar COD tertinggi terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan kuat arus 10 ampere yang mencapai 35.38%.

2. Kuat arus listrik dan waktu kontak didalam elektrolisis berpengaruh terhadap penurunan kadar COD dan Cr. Semakin besar kuat arus listrik dan lamanya waktu kontak, maka tingkat kadar COD dan Cr semakin besar.

5.2 Saran

1. Proses pengolahan limbah cair dengan metode elektrolisis dapat digunakan sebagai alat pengembangan dalam skala laboratorium yang memiliki kandungan pencemar limbahnya lebih banyak
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 dan volume limbah.

3. perlu adanya penelitian lanjutan secara berkala untuk terus memantau kadar COD dan Cr sehingga dapat selalu di ketahui efisiensi penurunan kadar pencemar.
4. Untuk penyempurnaan hasil penelitian ini, perlu di lakukan penelitian lanjutan dan factor seperti pH, arus listrik, waktu kontak, luas plat, jenis plat, jarak plat volume bak.

Daftar Pustaka

Azrul Azwar, 1970,*Pengantar Ilmu Kesehatan,* Mutiara, Jakarta

Bird Tony, 1987, *kimia fisika untuk universitas*, PT Gramedia Jakarta

Darmono, 1995, *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, UI, Jakarta

Davis M.L, dan Cornwel D.A. 1991. *Introduction To Environmental Engineering,* New York : Mc Brow – Hill Second Edition

Eckender W W, 1989, *Industrial Water pollutan Control*, Mc Graw Hill Book Company.

Johannes H. 1978. *Listrik dan magnet*, Balai pustaka, Jakarta

Ikarini E, 1997, *Study pemakaian Anoda* Pb/PbO_2 *pada elektrolisis larutan* $CuSO_4$ *dalam lingkungan* H_2SO_4, Kimia MIPA, UGM, Yogyakarta

Met Calf dan Eddy, 1990. *Waste water Engineering Treatmen Disposal re Use,* New York: : Mc Brow – Hill, Tenth Edition

Nastiti E, 2005, *Studi kinetika reaksi elektrolitik pelarutan tembaga dari campuran padatan* $CuFeS_2$ *dan* $CaCO_3$, Kimia MIPA, UGM, Yogyakarta

Nisa K, 2002 , *Studi pelarutan tembaga secara elektrolisis melalui oksidasi langsung anoda kosentrasi tembaga dalam medium campuran garam dan asam.* Kimia MIPA, UGM, Yogyakarta

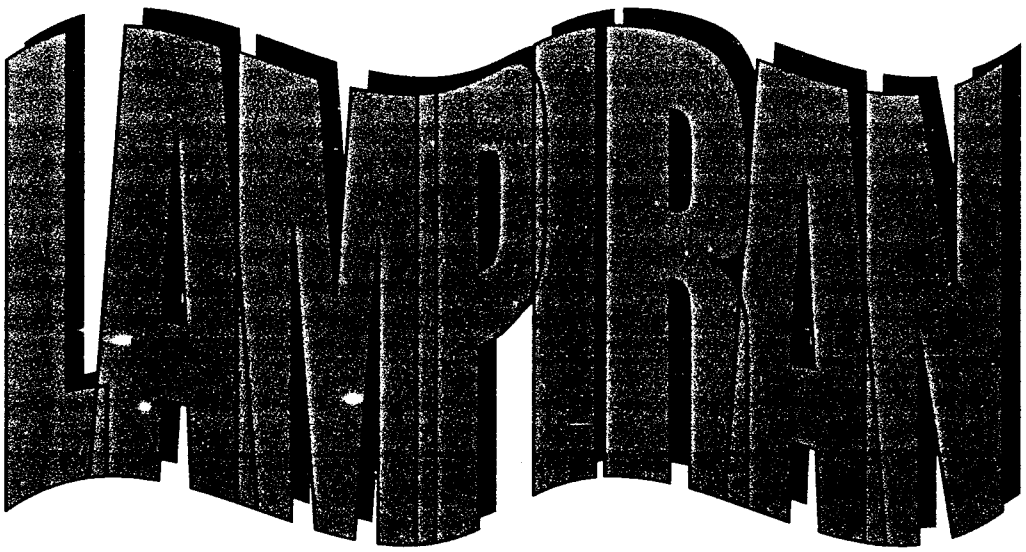
Sastrawijaya, A, 1991, *Pencemaran Lingkungan* , Rineka cipta, Jakarta

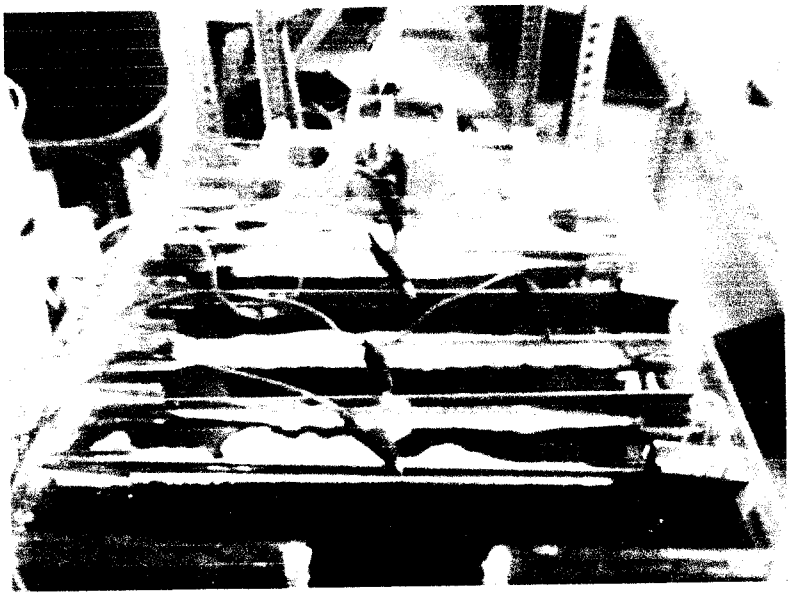
Soemirat, S.J. 1996. *Kesehatan Lingkungan*, UGM Press, Yogyakarta.

Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar pengolahan Air Limbah*, Universitas Indonesia, Jakarta

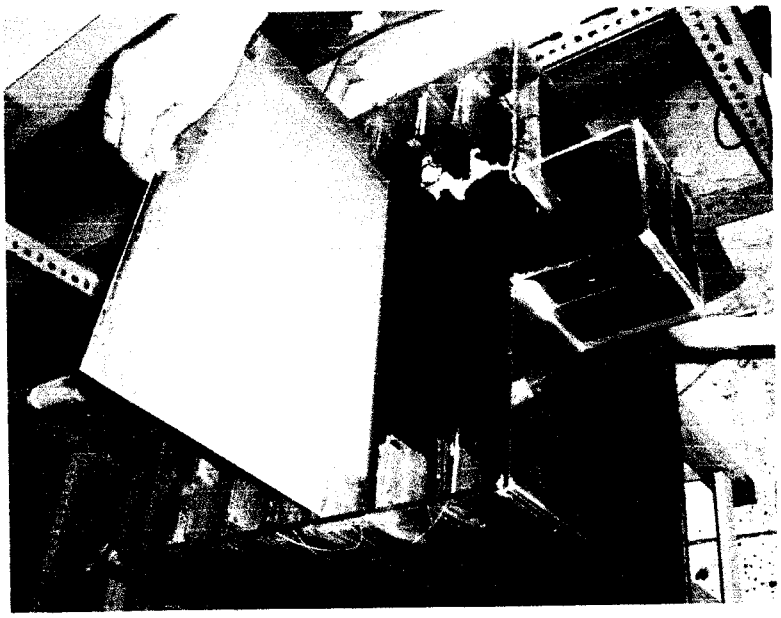
Sulastri F. 2005, *penurunan kadar* COD *pada limbah penyamakan kulit dengan metode Elektrolisis*, Jurusan Ilmu Kimia, UII

Widiarto S. 1996, *Elektrolisis larutan jenuh* NaCl *dengan katoda tembaga sebagai penghasil klor dan pemanfaatannya dalam pemutihan kayu sengon,* Kimia MIPA, UGM, Yogyakarta

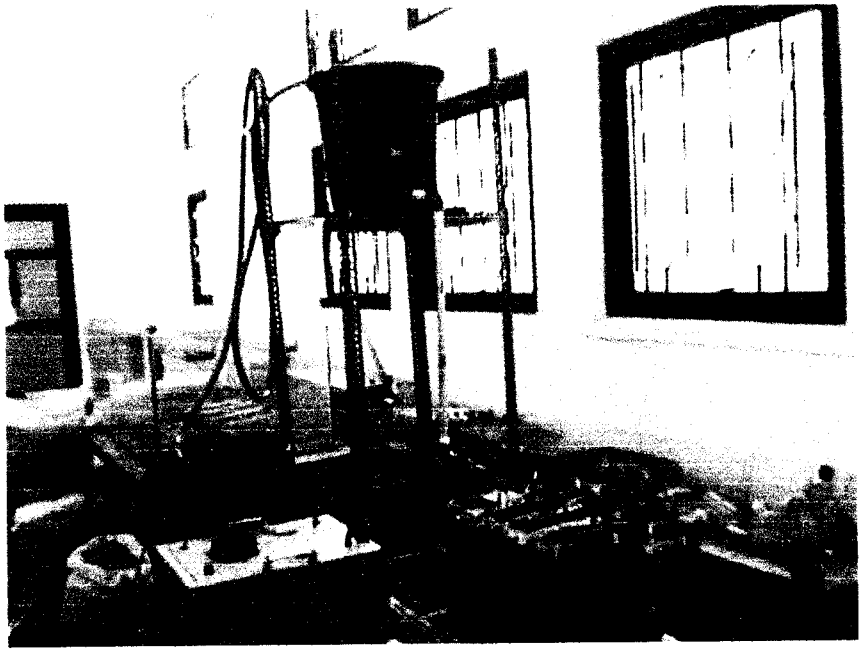

LAMPRAM



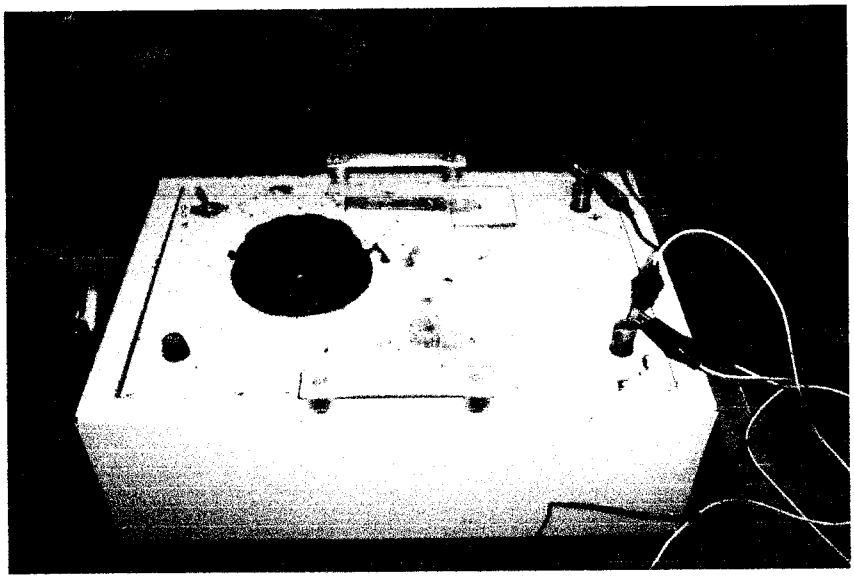
Gambar 3. Jalannya Proses Elektrolisis



Gambar 4. Penempelan Flok – Flok



Gambar 1. reactor Elektrolisis



Gambar 2. Sumber Arus (Adaptor)

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

Kuat Arus	waktu kontak (menit					jumlah	rata-rata
(Amper)	0	30	60	90	120		
0	1953,226	1953,226	1953,226	1953,226	1953,226	9766,130	1953,226
	1953,226	1953,735	1953,735	1953,735	1953,735	9768,675	1953,735
10	1953,226	1262,918	1949,665	1909,987	1951,7	9027,496	1805,499
	1953,735	1262,41	1949,665	1908,968	1950,7	9025,478	1805,096
15	2196,386	1854,029	1916,6	1910,495	1891,673	9769,183	1953,837
	2193,842	1854,538	1917,108	1910,495	1891,673	9767,656	1953,531
20	1910,495	1670,388	1770,094	1776,198	1796,037	8923,212	1784,642
	1911,004	1671,408	1772,129	1776,707	1798,581	8929,829	1785,966
jumlah	16025,65	13482,65	15182,22	15099,81	15187,33		
rata-rata	4006,412	3370,663	3795,556	3774,953	3796,831		

Sumber: data Primer,2006

Tabel. Hasil penelitian penurunan kadar Crom (ppb)

Kuat Arus	waktu kontak (menit)					jumlah	rata-rata
(Amper)	0	30	60	90	120		
0	433,735	433,735	433,735	433,735	433,735	2168,675	433,735
	433,735	433,735	433,735	433,735	433,735	2168,675	433,735
10	433,735	92,905	116,814	125,462	147,336	916,252	183,25
	433,735	89,853	116,814	124,444	147,336	912,182	182,43
15	433,735	129,023	99.009	115,797	92,905	870,469	174,093
	433,735	129,023	99.009	115,288	92,905	869,96	173,99
20	433,735	90,284	65.944	62,892	57,296	710.151	142,03
	433,735	90,284	65.435	61,874	55,77	707,098	141,419

(Sumber: data Primer,2006)

Tabel Hasil perhitungan Efisiensi Penurunan Kadar COD

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)	1953.226	1262.918	35.34
	30 (2)	1953.735	1262.41	35.38
10	60 (1)	2263.025	1949.665	13.85
	60 (2)	2263.025	1949.665	13.85
10	90 (1)	2199.438	1909.987	13.16
	90 (2)	2199.946	1908.968	13.23
10	120 (1)	2275.743	1951.7	14.24
	120 (2)	2275.743	1950.7	14.28
15	30 (1)	2196.386	1854.029	15.59
	30 (2)	2193.842	1854.538	15.47
15	60 (1)	2238.608	1916.6	14.38
	60 (2)	2235.047	1917.108	14.23
15	90 (1)	2447.175	1910.495	21.93
	90 (2)	2447.175	1910.495	21.93
15	120 (1)	2436.493	1891.673	22.36
	120 (2)	2437.001	1891.673	22.38
20	30 (1)	1910.495	1670.388	12.57
	30 (2)	1911.004	1671.408	12.54
20	60 (1)	1906.934	1770.094	7.18
	60 (2)	1906.934	1772.129	7.07
20	90 (1)	1943.561	1776.198	8.61
	90 (2)	1943.561	1776.707	8.58
20	120 (1)	1972.557	1796.037	8.95
	120 (2)	1971.539	1798.581	8.77

Tabel Hasil perhitungan Efisiensi Penurunan Kadar Crom

Kuat arus	waktu kontak	Kadar Crom	kadar Crom	Efisiensi penurunan
(amper)	(menit)	sebelum perlakuan	sesudah perlakuan	kadar Crom
		(ppb)	(ppb)	(%)
10	30	433.735	92.905	78.58
	30	433.735	89.853	79.28
	60	433.735	116.814	73.07
	60	433.735	116.814	73.07
	90	433.735	125.462	71.07
	90	433.735	124.444	71.31
	120	433.735	147.336	66.03
	120	433.735	147.336	66.03
15	30	433.735	129.023	70.25
	30	433.735	129.023	70.25
	60	433.735	99.009	77.17
	60	433.735	99.518	77.06
	90	433.735	115.797	73.30
	90	433.735	115.288	73.42
	120	433.735	92.905	78.58
	120	433.735	92.905	78.58
20	30	433.735	90.284	79.18
	30	433.735	90.284	79.18
	60	433.735	65.435	84.91
	60	433.735	65.435	84.91
	90	433.735	62.892	85.50
	90	433.735	61.874	85.73
	120	433.735	57.296	86.79
	120	433.735	55.77	87.14

T-Test Untuk Analisa COD

Langkah 1 : Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet

Ho : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet

Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik

Ha : $\mu 1 \neq \mu 2$

Ho : $\mu 1 = \mu 2$

Mencari t hitung

$$t\ 1_{hitung} = \frac{\bar{x}1 - \bar{x}2}{\sqrt{\frac{S1}{n1} + \frac{S2}{n2} - 2r\left(\frac{s1}{\sqrt{n1}}\right) + \left(\frac{s2}{\sqrt{n2}}\right)}}$$

$$= \frac{1097{,}489 - 1034{,}105}{\sqrt{\frac{69827{,}776}{10} + \frac{42450{,}574}{10} - 2 * 0.753\left(\frac{264{,}249}{\sqrt{10}}\right) + \left(\frac{206{,}035}{\sqrt{10}}\right)}}$$

$$= 0.6042365$$

$$t\ 2_{hitung} = \frac{\bar{x}1 - \bar{x}2}{\sqrt{\frac{S1}{n1} + \frac{S2}{n2} - 2r\left(\frac{s1}{\sqrt{n1}}\right) + \left(\frac{s2}{\sqrt{n2}}\right)}}$$

$$= \frac{1034.105 - 998.750}{\sqrt{\frac{42450.574}{10} + \frac{45502.548}{10} - 2 * 0.888\left(\frac{206.035}{\sqrt{10}}\right) + \left(\frac{213.313}{\sqrt{10}}\right)}}$$

$$= 0.382$$

Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)

2. dk = n1 + n2 + n3 – 3 = 10 + 10 + 10 – 3 = 27

Sehingga diperoleh t tabel = 2.052

3. Kriteria pengujian dua pihak

Jika : -t tabel ≤ t hitung ≤ + t tabel, maka Ho diterima dan Ha ditolak.

Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung

Ternyata -t tabel ≤ t hitung ≤ + t tabel

Atau - 2.052 < 0.6042365 < 2.052,

atau - 2.052 < 0.382 < 2.052, maka Ho diterima dan Ha ditolak.

Langkah 7 : Kesimpulan

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet DITOLAK

Ho : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet DITERIMA

Mencari rata-rata (Xr); standar deviasi (s); varians (S) dan korelasi (r)

Hari ke	Inlet (PtCo)	Outlet 1 (PtCo)	Outlet 2 (PtCo)	X1 * X2	X2 * X3	$X1^2$	$X2^2$	$X3^2$
1a	345,611	355,374	350,066	122821.164	124404.3547	119446.963	126290.680	122546.204
1b	373,621	367,318	359,403	137237.718	132015.1912	139592.652	134922.513	129170.516
2a	345,422	358,028	357,081	123670.748	127844.9963	119316.358	128184.049	127506.841
2b	360,114	371,393	363,763	133743.819	135099.0319	129682.093	137932.760	132323.520
3a	343,905	346,417	358,218	119134.538	124092.8049	118270.649	120004.738	128320.136
3b	282,246	309,877	331,109	87461.544	102603.0636	79662.805	96023.755	109633.170
4a	283,336	267,223	266,038	75713.896	71091.47247	80279.289	71408.132	70776.217
4b	169,545	221,204	263,100	37504.032	58198.7724	28745.507	48931.210	69221.610
5a	177,934	189,924	177,270	33793.937	33667.82748	31660.508	36071.126	31424.653
5b	199,972	180,066	179,592	36008.158	32338.41307	39988.801	32423.764	32253.286
6a	210,303	202,483	192,009	42582.782	38878.55835	44227.352	40999.365	36867.456
6b	230,114	211,441	193,336	48655.534	40879.15718	52952.453	44707.296	37378.809
7a	187,981	186,986	187,507	35149.815	35061.1839	35336.856	34963.764	35158.875

7b	219.071	216,464	207,791	47420.985	44979.27102	47992.103	46856.663	43177.100
8a	209,545	232,626	195,280	48745.615	45427.20528	43909.107	54114.856	38134.278
8b	251.820	245,991	268,976	61945.454	66165.67522	63413.312	60511.572	72348.089
9a	476.464	311,062	256,891	148209.845	79909.02824	227017.943	96759.568	65992.986
9b	576,986	422,009	324,379	243493.285	136890.8574	332912.844	178091.596	105221.736
10a	770.635	583,953	472,057	450014.620	275659.1013	593878.303	341001.106	222837.811
10b	805.848	649,782	620,303	523625.525	403061.7239	649390.999	422216.648	384775.812
Σ	6820.473	6229.621	5924.169	2556933.015	2108267.690	2977676.898	2252415.162	1995069.105
Xr	341.024	311.481	296.208					
Standar deviasi (s)	185.2074656	128.14594	112.4558833					
Varians (S)	34301.80531	16421.383	12646.32568					
Korelasi (r)		0.959	0.961					

T-Test Untuk Analisa Crom

Langkah 1 : Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi warna pada inlet dan outlet

Ho : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi warna pada inlet dan outlet

Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik

Ha : $\mu 1 \neq \mu 2$

Ho : $\mu 1 = \mu 2$

Mencari t hitung

$$t\ 1_{hitung} = \frac{\bar{x}1 - \bar{x}2}{\sqrt{\frac{S1}{n1} + \frac{S2}{n2} - 2r\left(\frac{s1}{\sqrt{n1}}\right) + \left(\frac{s2}{\sqrt{n2}}\right)}}$$

$$= \frac{341.024 - 311.481}{\sqrt{\frac{34301.80531}{20} + \frac{16421.383}{20} - 2 * 0.959\left(\frac{185.2074656}{\sqrt{20}}\right) + \left(\frac{128.14594}{\sqrt{20}}\right)}}$$

$$= 0.60282$$

$$t\ 2_{hitung} = \frac{\bar{x}1 - \bar{x}2}{\sqrt{\frac{S1}{n1} + \frac{S2}{n2} - 2r\left(\frac{s1}{\sqrt{n1}}\right) + \left(\frac{s2}{\sqrt{n2}}\right)}}$$

$$= \frac{311.481 - 296.208}{\sqrt{\left(\frac{16421.383}{20} + \frac{12646.32568}{20}\right) - \left(2 * 0.961\left(\frac{128.14594}{\sqrt{20}}\right) + \left(\frac{112.4558833}{\sqrt{20}}\right)\right)}}$$

$= 0.4156$

Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)

2. dk = n1 + n2 + n3 – 3 = 20 + 20 + 20 – 3 = 57

Sehingga diperoleh t tabel = 1.986

4. Kriteria pengujian dua pihak

Jika : -t tabel ≤ t hitung ≤ + t tabel, maka Ho diterima dan Ha ditolak.

Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung

Ternyata -t tabel ≤ t hitung ≤ + t tabel

Atau - 1.986 < 0.60282 < 1.986,

atau - 1.986 < 0.4156 < 1.986, maka Ho diterima dan Ha ditolak.

Langkah 7 : Kesimpulan

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi warna pada inlet dan outlet DITOLAK

Ho : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi warna pada inlet dan outlet DITERIMA

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

N0.	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.	KromTotal(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.	Selenum	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_2S)	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	ma/ L	5	10
29.	Minyak Mineral	mg/ L	10	50
30.	Radioakvitas **)	–	–	–

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.

PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 85 TAHUN 1999

TENTANG

PERUBAHAN ATAS PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 18 TAHUN 1999
TENTANG PENGELOLAAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

Menimbang : a. bahwa lingkungan hidup perlu dijaga kelestariannya sehingga tetap mampu menunjang pelaksanaan pembangunan yang berkelanjutan;

b. bahwa dengan meningkatnya pembangunan di segala bidang, khususnya pembangunan di bidang industri, semakin meningkat pula jumlah limbah yang dihasilkan termasuk yang berbahaya dan beracun yang dapat membahayakan lingkungan hidup dan kesehatan manusia;

c. bahwa untuk mengenali limbah yang dihasilkan secara dini diperlukan identifikasi berdasarkan uji tosikologi dengan penentuan nilai akut dan atau kronik untuk menentukan limbah yang dihasilkan termasuk sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun;

d. bahwa sehubungan dengan hal tersebut di atas, dipandang perlu mengubah dan menyempurnakan beberapa ketentuan Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun;.

Mengingat : 1. Pasal 5 ayat (2) Undang-Undang Dasar 1945;

2. Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1997 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3699);

3. Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 31, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3815);

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : PERATURAN PEMERINTAH TENTANG PERUBAHAN ATAS PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 18 TAHUN 1999 TENTANG PENGELOLAAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN.

Pasal I

Mengubah ketentuan Pasal 6, Pasal 7, dan Pasal 9 Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, sebagai berikut:

1. Ketentuan Pasal 6 diubah, sehingga keseluruhannya berbunyi sebagai berikut:

"Pasal 6

Limbah B3 dapat diidentifikasi menurut sumber dan atau uji karakteristik dan atau uji toksikologi.".

2. Ketentuan Pasal 7 diubah, sehingga keseluruhannya berbunyi sebagai berikut:

"Pasal 7

(1) Jenis limbah B3 menurut sumbernya meliputi:
   a. Limbah B3 dari sumber tidak spesifik;
   b. Limbah B3 dari sumber spesifik;
   c. Limbah B3 dari bahan kimia kadaluarsa, tumpahan, bekas kemasan, dan buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi.

(2) Perincian dari masing-masing jenis sebagaimana dimaksud pada ayat (1) seperti tercantum dalam Lampiran I Peraturan Pemerintah ini.

(3) Uji karakteristik limbah B3 meliputi:
   a. mudah meledak;
   b. mudah terbakar;
   c. bersifat reaktif;
   d. beracun;
   e. menyebabkan infeksi; dan
   f. bersifat korosif.

(4) Pengujian toksikologi untuk menentukan sifat akut dan atau kronik.

(5) Daftar limbah dengan kode limbah D220, D221, D222, dan D223 dapat dinyatakan limbah B3 setelah dilakukan uji karakteristik dan atau uji toksikologi."

3. Ketentuan Pasal 8 diubah, sehingga keseluruhannya berbunyi sebagai berikut:

"Pasal 8

(1) Limbah yang dihasilkan dari kegiatan yang tidak termasuk dalam Lampiran I, Tabel 2 Peraturan Pemerintah ini, apabila terbukti memenuhi Pasal 7 ayat (3) dan atau ayat (4) maka limbah tersebut merupakan limbah B3.

(2) Limbah B3 dari kegiatan yang tercantum dalam Lampiran I, Tabel 2 Peraturan Pemerintah ini dapat dikeluarkan dari daftar tersebut oleh instansi yang bertanggung jawab, apabila dapat dibuktikan secara ilmiah bahwa limbah tersebut bukan limbah B3 berdasarkan prosedur yang ditetapkan oleh instansi yang bertanggung jawab setelah berkoordinasi *28022 dengan instansi teknis, lembaga penelitian terkait dan penghasil limbah.

(3) Pembuktian secara ilmiah sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan berdasarkan: a. Uji karakteristik limbah B3; b. Uji toksikologi; dan atau c. Hasil studi yang menyimpulkan bahwa limbah yang dihasilkan tidak menimbulkan pencemaran dan gangguan kesehatan terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya.

(4) Ketentuan lebih lanjut sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (3) akan ditetapkan oleh instansi yang bertanggung jawab setelah berkoordinasi dengan instansi teknis dan lembaga penelitian terkait.

Pasal II

Peraturan Pemerintah ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Pemerintah ini dengan penempatannya dalam Lembaran Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 7 Oktober 1999

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

ttd

BACHARUDDIN JUSUF HABIBIE

Diundangkan di Jakarta
pada tanggal 7 Oktober 1999
MENTERI NEGARA SEKRETARIS NEGARA REPUBLIK INDONESIA,

ttd

MULADI

LEMBARAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 1999
NOMOR 190

PENJELASAN
ATAS
PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 85 TAHUN 1999
TENTANG PERUBAHAN ATAS PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 18 TAHUN 1999 TENTANG PENGELOLAAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN

UMUM

Kegiatan pembangunan bertujuan meningkatkan kesejahteraan hidup rakyat yang dilaksanakan melalui rencana pembangunan jangka panjang yang bertumpu pada pembangunan di bidang industri. Pembangunan di bidang industri tersebut di satu pihak akan menghasilkan barang yang bermanfaat bagi kesejahteraan hidup rakyat, dan di lain pihak industri itu juga akan menghasilkan limbah. Di antara limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri tersebut terdapat limbah bahan berbahaya beracun (limbah B3).

Untuk mengindentifikasi limbah sebagai limbah B3 diperlukan uji karakteristik dan uji toksikologi atas limbah tersebut. Pengujian ini meliputi karakterisasi limbah atas sifat-sifat mudah meledak dan atau mudah terbakar dan atau bersifat reaktif, dan atau beracun dan atau menyebabkan infeksi, dan atau bersifat korosif. Sedangkan uji toksikologi digunakan untuk mengetahui nilai akut dan atau kronik limbah. Penentuan sifat akut limbah dilakukan dengan uji hayati untuk mengetahui hubungan dosis-respon antara limbah dengan kematian hewan uji untuk menetapkan nilai LD50. Sedangkan sifat kronis limbah B3 ditentukan dengan cara mengevaluasi sifat zat pencemar yang terdapat dalam limbah dengan menggunakan metodologi tertentu. Apabila suatu limbah tidak tercantum dalam Lampiran I Peraturan Pemerintah ini, lolos uji karakteristik limbah B3, lolos uji LD50, dan tidak bersifat kronis maka limbah tersebut bukan limbah B3, namun pengelolaannya harus memenuhi ketentuan.

Limbah B3 yang dibuang langsung ke dalam lingkungan dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Mengingat resiko tersebut, perlu diupayakan agar setiap kegiatan industri dapat meminimalkan limbah B3 yang dihasilkan dan mencegah masuknya limbah B3 dari luar Wilayah Indonesia. Pemerintah Indonesia dalam pengawasan perpindahan lintas batas limbah B3 telah meratifikasi Konvesi Basel pada tanggal 12 Juli 1993 dengan Keputusan Presiden Nomor 61 Tahun 1993. Untuk menghilangkan atau mengurangi resiko yang dapat ditimbulkan dari limbah B3 yang dihasilkan maka limbah B3 yang telah dihasilkan perlu dikelola secara khusus. Pengelolaan limbah B3 merupakan suatu rangkaian kegiatan yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, dan pengolahan limbah B3 termasuk penimbunan hasil pengolahan tersebut. Dalam rangkaian kegiatan tersebut terkait beberapa pihak yang masing-masing merupakan mata rantai dalam pengelolaan limbah B3, yaitu:

a. Penghasil Limbah B3;
b. Pengumpul Limbah B3;
c. Pengangkut Limbah B3;
d. Pemanfaat Limbah B3;
e. Pengolah Limbah B3;
f. Penimbun Limbah B3.

Dengan pengolahan limbah sebagaimana tersebut di atas, maka mata rantai siklus perjalanan limbah B3 sejak dihasilkan oleh penghasil limbah B3 sampai penimbunan akhir oleh pengolah limbah B3 dapat diawasi. Setiap mata rantai perlu diatur, sedangkan perjalanan limbah B3 dikendalikan dengan sistem manifest berupa dokumen limbah B3. Dengan sistem manifest dapat diketahui berapa jumlah B3 yang dihasilkan dan berapa yang telah dimasukkan ke dalam proses pengolahan dan penimbunan tahap akhir yang telah memiliki persyaratan lingkungan.

Dalam melakukan pengelolaan limbah B3 perlu diperhatikan hirarki pengelolaan limbah B3 antara lain dengan mengupayakan reduksi pada sumber, pengolahan bahan, substitusi bahan, pengaturan operasi kegiatan, dan digunakannya teknologi

bersih. Bilamana masih dihasilkan limbah B3 maka diupayakan pemanfaatan limbah B3. Pemanfaatan limbah B3, yang mencakup kegiatan daur ulang (recycling) perolehan kembali (recovery) dan penggunaan kembali (reuse) merupakan satu mata rantai penting dalam pengelolaan limbah B3. Dengan teknologi pemanfaatan limbah B3 di satu pihak dapat dikurangi jumlah limbah B3 sehingga biaya pengolahan limbah B3 juga dapat ditekan dan di lain pihak akan dapat meningkatkan kemanfaatan bahan baku. Hal ini pada gilirannya akan mengurangi kecepatan pengurasan sumber daya alam.

PASAL DEMI PASAL

Pasal I

Angka 1

Pasal 6

Langkah pertama yang dilakukan dalam pengelolaan limbah B3 adalah mengidentifikasikan limbah dari penghasil tersebut apakah termasuk limbah B3 atau tidak. Mengidentifikasikan limbah ini akan memudahkan pihak penghasil, pengumpul, pengangkut, pemanfaat, pengolah, atau penimbun dalam mengenali limbah B3 tersebut sedini mungkin. Mengidentifikasi limbah sebagai limbah B3 dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

a. Mencocokkan jenis limbah dengan daftar jenis limbah B3 sebagaimana pada Lampiran I Peraturan Pemerintah ini, dan apabila cocok dengan daftar jenis limbah B3 tersebut, maka limbah tersebut termasuk limbah B3;

b. Apabila tidak cocok dengan daftar jenis limbah B3 sebagaimana pada Lampiran I Peraturan Pemerintah ini maka diperiksa apakan limbah tersebut memiliki karakteristik: mudah meledak, dan atau mudah terbakar, dan atau beracun, dan

atau bersifat reaktif, dan atau menyebabkan infeksi, dan atau bersifat korosif.

c. Apabila kedua tahapan tersebut sudah dilakukan dan tidak memenuhi ketentuan limbah B3, maka dilakukan uji toksikologi. Angka 2 Pasal 7 Ayat (1) Huruf a Limbah B3 dari sumber tidak spesifik adalah limbah B3 yang pada umumnya berasal bukan dari proses utamanya, tetapi berasal dari kegiatan pemeliharaan alat, pencucian, pencegahan korosi (inhibitor korosi), pelarutan kerak, pengemasan, dan lain-lain. Huruf b Limbah B3 dari sumber spesifik adalah limbah B3 sisa proses suatu industri atau kegiatan yang secara spesifik dapat ditentukan berdasarkan kajian ilmiah. Huruf c Limbah B3 dari bahan kimia kadaluarsa, tumpahan, bekas kemasan, dan buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi, karena tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau tidak dapat dimanfaatkan kembali, maka suatu produk menjadi limbah B3 yang memerlukan pengelolaan seperti limbah B3 lainnya. Hal yang sama juga berlaku untuk sisa kemasan limbah B3 dan bahan-bahan kimia yang kadaluarsa.

Ayat (2)

Cukup jelas

Ayat (3)

Pengujian karakteristik limbah dilakukan sebelum limbah tersebut mendapat perlakuan pengolahan. Limbah diidentifikasi sebagai limbah B3 apabila memenuhi salah satu atau

lebih karakteristik limbah B3. Dalam ketentuan ini yang dimaksud dengan:

a. Limbah mudah meledak adalah limbah yang pada suhu dan tekanan, standar (25 derajat C, 760 mmHg) dapat meledak atau melalui reaksi kimia dan atau fisika dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan sekitarnya.

b. Limbah mudah terbakar adalah limbah-limbah yang mempunyai salah satu sifat-sifat sebagai berikut:

1) Limbah yang berupa cairan yang mengandung alkohol kurang dari 24% volume dan atau pada titik nyala tidak lebih dari 600C (1400F) akan menyala apabila terjadi kontak dengan api, percikan api atau sumber nyala lain pada tekanan udara 760 mmHg.

2) Limbah yang bukan berupa cairan, yang pada temperatur dan tekanan standar (250C, 760 mmHg) dapat mudah menyebabkan kebakaran melalui gesekan, penyerapan uap air atau perubahan kimia secara spontan dan apabila terbakar dapat menyebabkan kebakaran yang terus menerus.

3) Merupakan limbah yang bertekanan yang mudah terbakar.

4) Merupakan limbah pengoksidasi.

c. Limbah yang bersifat reaktif adalah limbah-limbah yang mempunyai salah satu sifat-sifat sebagai berikut:

1) Limbah yang pada keadaan normal tidak stabil dan dapat menyebabkan perubahan tanpa peledakan.

2) Limbah yang dapat bereaksi hebat dengan air.

3) Limbah yang apabila bercampur dengan air berpotensi menimbulkan ledakan, menghasilkan gas, uap atau asap beracun dalam jumlah yang membahayakan bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

4) Merupakan limbah Sianida, Sulfida atau Amoniak yang pada kondisi pH antara 2 dan 12,5 dapat menghasilkan gas, uap atau asap beracun dalam jumlah yang membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan.

5) Limbah yang dapat mudah meledak atau bereaksi pada suhu dan tekanan standar (250C, 760 mmHg).

6) Limbah yang menyebabkan kebakaran karena melepas atau menerima oksigen atau limbah organik peroksida yang tidak stabil dalam suhu tinggi.

d. Limbah beracun adalah limbah yang mengandung pencemar yang bersifat racun bagi manusia atau lingkungan yang dapat menyebabkan kematian atau sakit yang serius apabila masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan, kulit atau mulut. Penentuan sifat racun untuk identifikasi limbah ini dapat menggunakan baku mutu konsentrasi TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) pencemar organik dan anorganik dalam limbah sebagaimana yang tercantum dalam

Lampiran II Peraturan Pemerintah ini. Apabila limbah mengandung salah satu pencemar yang terdapat dalam Lampiran II Peraturan Pemerintah ini, dengan konsentrasi sama atau lebih besar dari nilai dalam Lampiran II Peraturan Pemerintah ini, maka limbah tersebut merupakan limbah B3. Bila nilai konsentrasi zat pencemar lebih kecil dari nilai ambang batas pada Lampiran II Peraturan Pemerintah ini maka dilakukan uji toksikologi.

e. Limbah yang menyebabkan infeksi yaitu bagian tubuh manusia yang diamputasi dan cairan dari tubuh manusia yang terkena infeksi, limbah dari laboratorium atau limbah lainnya yang terinfeksi kuman penyakit yang dapat menular. Limbah ini berbahaya karena mengandung kuman penyakit seperti hepatitis dan kolera yang ditularkan pada pekerja, pembersih jalan dan masyarakat di sekitar lokasi pembuangan limbah.

f. Limbah bersifat korosif adalah limbah yang mempunyai salah satu sifat sebagai berikut:

1) Menyebabkan iritasi (terbakar) pada kulit.

2) Menyebabkan proses pengkaratan pada lempeng baja (SAE 1020) dengan laju korosi lebih besar dari 6,35 mm/tahun dengan temperatur pengujian 550C

3) Mempunyai pH sama atau kurang dari 2 untuk limbah bersifat asam dan sama atau lebih besar dari 12,5 untuk yang bersifat basa.

Ayat (4)

Penentuan sifat akut limbah dilakukan dengan uji hayati untuk mengukur hubungan dosis-respons antara limbah dengan kematian hewan uji, untuk menetapkan nilai LD50. Yang dimaksud dengan LD50 (Lethal Dose fifty) adalah dosis limbah yang menghasilkan 50 % respons kematian pada populasi hewan uji. Nilai tersebut diperoleh dari analisis data secara grafis dan atau statistik terhadap hasil uji hayati tersebut. Metodologi dan cara penentuan nilai LD50 ditetapkan oleh instansi yang bertanggung jawab. Apabila nilai LD50 secara oral lebih besar dari 50 mg/kg berat badan, maka terhadap limbah yang mengandung salah satu zat pencemar pada Lampiran III Peraturan Pemerintah ini dilakukan evaluasi sifat kronis. Sifat kronis limbah (toksik, mutagenik, karsinogenik, teratogenik dan lain-lain) ditentukan dengan cara mencocokkan zat pencemar yang ada dalam limbah tersebut dengan Lampiran III Peraturan Pemerintah ini. Apabila limbah tersebut mengandung salah satu dan atau lebih zat pencemar yang terdapat dalam Lampiran III Peraturan Pemerintah ini, maka limbah tersebut merupakan limbah B3 setelah mempertimbangkan faktor-faktor di bawah ini:

1) Sifat racun alami yang dipaparkan oleh zat pencemar;

2) Konsentrasi dari zat pencemar;

3) Potensi bermigrasinya zat pencemar dari limbah ke lingkungan bilamana tidak dikelola dengan baik;

4) Sifat persisten zat pencemar atau produk degradasi racun pada zat pencemar;

5) Potensi dari zat pencemar atau turunan/degradasi produk senyawa toksik untuk berubah menjadi tidak berbahaya;

6) Tingkat dimana zat pencemar atau produk degradasi zat pencemar terbioakumulasi di ekosistem;

7) Jenis limbah yang tidak dikelola sesuai ketentuan yang ada yang berpotensi mencemari lingkungan;

8) Jumlah limbah yang dihasilkan pada satu tempat atau secara regional atau secara nasional berjumlah besar;

9) Dampak kesehatan dan pencemaran/kerusakan lingkungan akibat pembuangan limbah yang mengandung zat pencemar pada lokasi yang tidak memenuhi persyaratan;

10) Kebijaksanaan yang diambil oleh instansi Pemerintah lainnya atau program peraturan perundang-undangan lainnya berdasarkan dampak pada kesehatan dan lingkungan yang diakibatkan oleh limbah atau zat pencemarnya;

11) Faktor-faktor lain yang dapat dipertanggungjawabkan merupakan limbah B3. Metodologi untuk evaluasi Lampiran III Peraturan Pemerintah ini diterapkan oleh instansi yang bertanggung jawab setelah berkoordinasi dengan instansi teknis dan lembaga penelitian terkait. Apabila setelah dilakukan uji penentuan toksisitas baik akut maupun kronis dan tidak memenuhi ketentuan di atas, maka

limbah tersebut dapat dinyatakan sebagai limbah non B3, dan pengelolaannya dilakukan berdasarkan ketentuan yang ditetapkan oleh instansi yang bertanggung jawab setelah berkoordinasi dengan instansi teknis terkait.

Ayat (5)

Cukup jelas

Angka 3

Pasal 8

Cukup jelas

Pasal II

Cukup jelas

TAMBAHAN LEMBARAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 3910

LAMPIRAN II
PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK
INDONESIA
NOMOR : 85 TAHUN 1999
TANGGAL : 7 oktober 1999

BAKU MUTU TCLP ZAT PENCEMAR DALAM LIMBAH UNTUK PENENTUAN KARAKTERISTIK SIFAT RACUN

PARAMETER	KONSENTRASI DALAM EKSTRAKSI LIMBAH (mg/L) (TCLP)
Aldrin + Dieldrin	0,07
Arsen	5,0
Barium	100
Benzene	0,5
Boron	500
Cadmium	1.,0
Carbon tetrachloride	0,5
Chlordane	0,03
Chlorobenzene	100
Chloroform	6,0
Chromium	5,0
Copper	10,0
o-Cresol	200
m-Cresol	200
Total Cresol	200

Cyanida (bebas)	20,0
2,4-D	10.0
1,4-Dichlorobenzene	7,5
1.2- Dichloroethane	0,5
1,1-Dichloroethylene	0,7
2,4- Dinitrotoluene	0,13
Endrin	0,02
Fluorides	150
Heptachlor + Heptachlor Epoxide	0,008
Hexachlorobenzene	0,13
Hexachloroethane	0,5
Lead	5,0
Lindane	0,4
Mercury	0,2
Methoxychlor	10,0
Methyl Parathion	0,3
Methyl Ethyl Ketone	0,7
Nitrate + Nitrite	1000
Nitrite	100
Nitrobenzene	2,0
Pentachlorophenol	100
Pyridine	5,0
PCBs	0,3

Selenium	1,0
Silver	5
Tetrachloroethlene (TCE)	0,7
Phenol	2
DDT	1
Chlorophenol (total)	1
Chloronaphtalene	1
Trihalomethanes	35
2,4,5-Trichlorophenol	400
2,4,6-Trichlorophenol	2
Vynil Chloride	0,2
Zinc	50

PRESIDEN REPUBLIK
INDONESIA

ttd.

BACHARUDDIN JUSUF
HABIBIE

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

N0.	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.	KromTotal(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.	Selenum	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_2S)	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	ma/ L	5	10
29.	Minyak Mineral	mg/ L	10	50
30.	Radioakvitas **)	–	–	–

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.